

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005年7月7日 (07.07.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/062433 A1

(51) 国際特許分類⁷:

H01S 5/062

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2004/019123

(22) 国際出願日: 2004年12月21日 (21.12.2004)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願 2003-425600

2003年12月22日 (22.12.2003) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 水内公典 (MIZUUCHI, Kiminori). 山本和久 (YAMAMOTO, Kazuhisa). 笠澄研一 (KASAZUMI, Ken'ichi). 木戸口勲 (KIDOGUCHI, Isao).

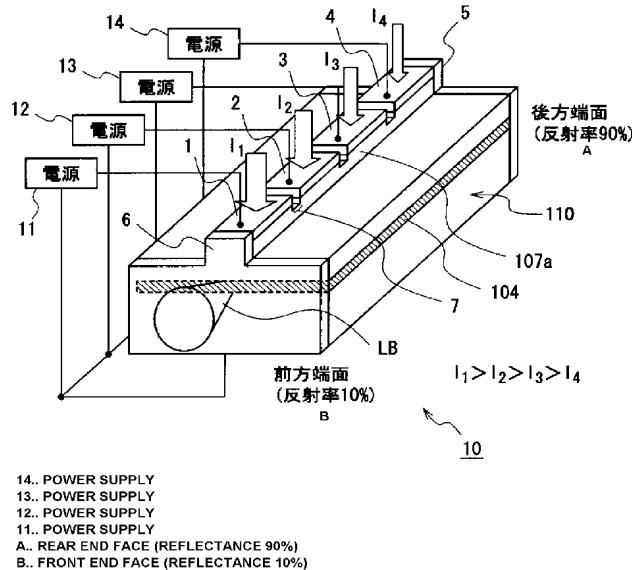
(74) 代理人: 早瀬憲一 (HAYASE, Kenichi); 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原3丁目4番30号ニッセイ新大阪ビル13階 早瀬特許事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

/ 続葉有 /

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND LASER PROJECTOR

(54) 発明の名称: 半導体レーザ装置およびレーザ投射装置



WO 2005/062433 A1

(57) Abstract: A semiconductor laser device (10) having different end face reflectances. The semiconductor laser device (10) has an electrode of a four-split structure composed of four electrode portions (1, 2, 3, 4) arranged on a striped ridge portion (107a). A larger injected current is injected into the electrode nearer the light-emitting end face. In such a semiconductor laser device, the carrier density distribution in the active layer opposed to the striped ridge portion can be suitable for the light intensity distribution, and consequently the instability of the transverse mode caused by spatial hole burning and the degradation of the high-output characteristic due to lowering of the gain can be prevented.

(57) 要約: 本発明は、端面反射率の異なる半導体レーザ装置(10)において、ストライプ状リッジ部(107a)上に配置される電極を、4つの電極部(1), (2), (3), (4)からなる4分割構造

/ 続葉有 /



SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:
— 國際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

とし、光出射端面側に近い電極部ほどその注入電流が大きくなるようにしたものである。このような半導体レーザ装置によれば、ストライプ状リッジ部に対向する活性層内のキャリア密度分布を、その光強度分布に適した分布とすることができます、これにより空間的ホールバーニングにより発生する横モードの不安定化や利得の低下による高出力特性の劣化を防止することができる。

明 細 書

半導体レーザ装置およびレーザ投射装置

技術分野

[0001] 本発明は、安定して高出力で動作する半導体レーザ装置、特にIII-V族窒化物系半導体材料を用いた半導体レーザ装置およびこれを用いたレーザ投射装置に関するものである。

背景技術

[0002] 光通信や光記憶装置の発展に伴い、それらに使用される半導体レーザの需要が高まっており、窒化ガリウムをはじめとするIII-V族窒化物系半導体材料(Al_xGaN
 $1-x-yN$;ただし、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$)からなる青紫色半導体レーザは、光ディスクによる超高密度記録を実現するためのキーデバイスとして、開発が積極的に進められている。特に、青紫色半導体レーザの高出力化は、光ディスクの高速書き込みを可能にするのみならず、光源としてスペクトル幅の狭いレーザ光を用い鮮やかな色表現が可能なレーザディスプレイへの応用など、新たな技術分野の開拓に必須の技術である。

[0003] 図10は、電流狭窄構造を有する従来の半導体レーザの一例を示す図である。

図10に示す半導体レーザ100は、n型GaN基板101の上面に、n型AlGaNクラッド層102、n型GaN光ガイド層103、InGaNを含む多重量子井戸構造を有する活性層104、アンドープGaNキャップ層105、p型GaN光ガイド層106、及びp型AlGaNクラッド層107を順次積層してなる半導体層積層体110を有している。

[0004] ここで、上記p型AlGaNクラッド層107は、メサ型のリッジ部107aを有する、半導体レーザの長さ方向と垂直な断面形状が凸型台形であるリッジ型クラッド層で、そのリッジ部の上面には、p型GaNコンタクト層108が形成されている。また、これらp型AlGaNクラッド層107およびp型GaNコンタクト層108の表面には絶縁膜111が形成され、該絶縁膜111上にはp電極115が形成されている。このp電極115は、絶縁膜111の、上記p型GaNコンタクト層108上の部分に形成された、上記リッジ部107aに沿った開口を介して、上記p型GaNコンタクト層108に接続されている。また、上記n型GaN

基板101の下面には、n電極116が形成されている。

[0005] そして、この半導体レーザ100では、主に、リッジ部107a、絶縁膜111、コンタクト層108及びp電極115により、活性層104の、リッジ部107aに対向する光導波路部分に電流を集中して注入するストライプ構造が形成されている。上記活性層104の、リッジ部107aに対向する部分は、レーザ光が発生し導波する光導波路であり、該光導波路のリッジ部延在方向と垂直な両端面が共振器の端面となっている。

[0006] このような半導体レーザでは、上記p電極115とn電極116との間に駆動電圧を印加すると、これらの電極からレーザ駆動電流が活性層104に注入される。このとき、活性層への注入電流は、活性層104のリッジ部107aに対向する、共振器を形成する光導波路部分に集中し、この部分で光が発生する。そして、注入電流が一定の閾値を超えると、上記共振器でレーザ発振が生じ、レーザ光が上記共振器端面から外部に出力される。

[0007] このような構成の半導体レーザを、レーザディスプレイの光源として使用するためには、100mW～数Wの高出力特性が要求される。一方、レーザディスプレイの光源用の半導体レーザには、光ディスクのピックアップに要求される回折限界の集光特性は必要とされない。このため、この半導体レーザの構造は、上記リッジ部の幅の広いワイドストライプ構造でもよく、高効率で高出力なレーザ特性のものが必要となる。また、半導体レーザの高出力化には、活性層内のキャリア密度の増大が必要となる。

[0008] 一般に、ストライプの幅は、共振器全体で一様である。電極から注入される電流の増加に伴い、活性層内のキャリア密度が上昇し、その値が一定のしきい値キャリア密度に達すると、レーザ発振が得られる。レーザの光出力は、しきい値電流以上では活性層に注入されるキャリア密度に比例して増大する。しかしながら、活性層内部のキャリア密度が高すぎる場合、空間的ホールバーニングによる利得飽和によって光出力の飽和が生じ、高光出力動作が阻害される。また、ワイドストライプレーザにおいては、導波光の横モードはマルチモードであるため、リンクは発生しないが、空間ホールバーニングによる空間的利得飽和によって横モード発振の形状が大きく変化し不安定になる。また、レーザディスプレイ用の光源においては、上記のように、光の集光特性は回折限界までの特性は要求されないが、横モードが低い周波数で変化すると

、ディスプレイの輝度が時間的に変化するため、輝度、色、コントラストが正確に再現できないという問題が発生する。

[0009] 空間的なホールバーニングによる横モードの不安定化を防止する対策のひとつは、ストライプの幅を狭くすることである。すなわち、ストライプの幅が狭くなるにつれて、活性層に注入されるキャリアの分布、および活性層で誘起される光の強度分布の横方向への拡がりが相対的に狭められ、空間的なホールバーニングに起因する横モード不安定化の発生を防ぐことができる。

[0010] しかしながら、ストライプの幅を共振器全体で一様に狭くすると、素子の直列抵抗が増加し、素子の駆動電圧が上昇してしまう。特に、窒化物系半導体レーザの信頼性は、駆動電圧および駆動電流に大きく依存するため、駆動電圧の上昇はできる限り抑制しなければならない。さらに、ストライプの幅を狭めると、導波路内の光密度が大きくなるため、100mW以上の高出力特性を実現するのが難しくなる。

[0011] これらの課題に対して、特許文献1には、共振器の中央部から共振器の両端面方向に向かってストライプの幅が減少するテーパ領域を有する半導体レーザが開示されている。この半導体レーザは、ストライプの幅を一様に狭くする従来型のレーザ構造と比べて、素子の駆動電圧を過度に上昇させることなく、安定な横モードでのレーザ発振を提供できるものとされている。

[0012] また、特許文献2には、共振器の軸方向に電極を分割し、各電極に印加する電圧を、レーザ中央部では他の部分に比べて光強度の高い光強度分布に応じた注入電流分布が得られるよう制御することにより、安定した横モード動作と作製歩留まり向上を図ることのできる半導体レーザが開示されている。

[0013] また、非特許文献1には、共振器端面の反射率を非対称とする方法が半導体レーザの高出力化に有効であることが記載されている。この方法は、光ディスクの書き込みに用いられる半導体レーザでは一般的な方法であり、共振器を構成する端面を誘電体膜でコーティングすることで端面の反射率を非対称にするものである。つまり、共振器を構成する端面のうち、レーザ光が射出する共振器の前方端面を低反射率に、また、その反対側の後方端面の反射率を高反射率とする。例えば前方端面の反射率を10%、後方端面の反射率を90%とする。誘電体多層膜の反射率は、誘電体材

料の屈折率、層厚、および積層する層数によって制御することができる。

特許文献1:特開2000-357842号公報(第5頁-第7頁 図1)

特許文献2:特許第1862544号公報(第2頁-第3頁 図2)

非特許文献1:伊賀健一編著、「半導体レーザ」、第1版、株式会社オーム社、平成6年10月25日、p. 238

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0014] しかしながら、共振器を形成する前方端面と後方端面との反射率が非対称である場合、半導体レーザ内部では、共振器の軸方向の光強度分布に大きな偏りを生じる。ここで、図11に、図10に示した従来の半導体レーザにおける共振器の軸方向光強度分布の一例を示す。

[0015] 例えば、前方端面と後方端面の反射率をともに20%とした場合、前方端面と後方端面における光強度は、ほぼ同じ値を示している。一方、前方端面の反射率を10%、後方端面の反射率を90%とした場合、前方端面における光強度は、後方端面における光強度と比べて約2倍高い値を示している。

[0016] このように、共振器の前方端面と後方端面との反射率を非対称とした場合、これらの反射率を対称とした場合に比べて、光強度分布に大きな偏りが生じていることが分かる。

[0017] また、図10に示したストライプ状リッジ部のストライプ幅が共振器全体で一定である従来型のレーザ構造では、活性層に注入されるキャリア密度は、共振器の軸方向で一様となる。したがって、前方端面と後方端面の反射率が非対称となるようにコーティングされている半導体レーザでは、前方端面と後方端面とでは光強度分布には大きな偏りがあるにもかかわらず、活性層に注入されるキャリア密度は一様という状態が発生する。

[0018] すなわち、後方端面付近では、活性層内のキャリア密度が過剰な状態となり、キンク、あるいは利得飽和の発生が懸念される。この現象は、AlGaAs系半導体材料($Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$))からなる赤外半導体レーザに比べ、しきいキャリア密度が高い傾向にあるAlGaInP系半導体材料($Al_xGa_yIn_{1-x-y}P$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$))からなる

赤色半導体レーザや、GaN系半導体材料($\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$))からなる青色半導体レーザで顕著となる。中でも、微分利得が最も高い青色半導体レーザではその傾向が著しい。

[0019] 一方、特許文献1で開示されている窒化物系半導体レーザでは、ストライプ幅を共振器中央部から共振器の前方端面および後方端面に向かって減少させることで、横モードの安定化を図っている。しかしながら、共振器端面の反射率が前方端面と後方端面とで大きく異なる場合、特許文献1で示している構造では、前方端面と後方端面とでの光強度分布と注入キャリア密度分布のアンバランスな状態は解消されず、注入キャリア密度が過剰な領域が形成されやすくなり、これを避けるのは困難である。

[0020] また、特許文献2で開示されている半導体レーザでは、レーザの中央部での電流密度を他の部分に比べて高くするため、電極を複数の電極部に分割した構造にして各電極部に印加する電圧を変えているが、共振器端面の反射率が前方端面と後方端面で大きく異なる場合、特許文献2で示す半導体レーザでは、前方端面と後方端面とでの光強度分布と注入キャリア密度分布のアンバランスな状態は解消されず、注入キャリア密度が過剰な領域が形成されやすくなり、これを避けるのは困難である。

[0021] 本発明は、上記問題点を解消するためになされたものであり、注入キャリア密度の過剰な領域の発生を抑えて、安定した横モードでレーザ発振を行うことのできる半導体レーザ装置、及び該半導体レーザ装置を光源として用いたレーザ投射装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0022] 上記課題を解決するために、本発明の請求項1にかかる半導体レーザ装置は、半導体基板上に、リッジ型クラッド層を有する半導体レーザ素子を備えた半導体レーザ装置において、上記半導体レーザ素子は、キャリアの注入によりレーザ発振を行う、前方端面と後方端面とで反射率が異なる共振器と、該共振器の共振器軸方向に延びる、該共振器にキャリアを注入するためのストライプ構造と、該ストライプ構造の上部に配置された電極とを備えたものであり、上記ストライプ構造上の電極は、共振器軸方向に沿って複数の電極部が並ぶよう2以上に分割されており、上記複数の電極部のうち、レーザ光が出射される共振器の前方端面近傍に位置する電極部には、上

記共振器の後方端面近傍に位置する電極部に比べて活性層内で大きな電流密度となるよう電流が注入される、ことを特徴とする。

- [0023] これにより、共振器両端面の反射率を非対称としたレーザ素子における、キャリア密度分布と光強度分布とのミスマッチを解消して、非対称な光強度分布に起因する利得の飽和を緩和することができる。この結果、大出力時にも安定な横モード動作が可能な半導体レーザ装置を実現することできる効果がある。
- [0024] また、本発明の請求項2にかかる半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記半導体レーザ素子の横モードスペクトルはマルチモードである、ことを特徴とする。
これにより、リンクの発生を防ぐことができる。
- [0025] また、本発明の請求項3にかかる半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記半導体レーザ素子は、上記共振器の端面近傍に位置する窓領域を有する、ことを特徴とする。
- [0026] これにより、高出力化レーザにおける端面破壊による信頼性低下を防止することができる。
- [0027] また、本発明の請求項4にかかる半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記複数の電極部の少なくとも一つに、高周波重畠された電圧を印加する、ことを特徴とする。
- [0028] これにより、レーザ素子の注入電流に重畠する高周波信号のパワーを小さく抑え、かつスパイクノイズを低減しつつ、高周波信号の重畠による戻り光ノイズの抑圧を行うことができる。
- [0029] また、本発明の請求項5にかかる半導体レーザ装置は、請求項4に記載の半導体レーザ装置において、上記共振器の後方端面近傍に位置する電極部に、上記高周波重畠された電圧を印加する、ことを特徴とする。
- [0030] これにより、レーザ素子の注入電流に重畠する高周波信号のパワーをより一層小さく抑えることができる。
- [0031] また、本発明の請求項6にかかる半導体レーザ装置は、請求項4に記載の半導体レーザ装置において、上記共振器の前方端面近傍に位置する電極部に、上記高周

波重畠された電圧を印加することを特徴とする。

[0032] これにより、レーザ素子の注入電流に重畠する高周波信号のパワーを小さく抑え、かつスパイクノイズを低減しつつ、戻り光の影響を受けやすい光出射端面側のレーザ光の時間的コヒーレンスを低下させることができる。この結果、高周波信号パワーの削減及びスパイクノイズの低減とともに、戻り光ノイズの効果的な低減を図ることができる。

[0033] また、本発明の請求項7にかかる半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記複数の電極部の少なくとも一つに、変調された電流を印加することを特徴とする。

[0034] これにより、電極全体の注入電流を変調させることなく、一部の電極部に印加する電流を変調するだけで、半導体レーザ装置全体の光出力を変調することが可能となる。この結果、消費電力を抑えて、温度が変化して発振波長が変動するチャーピング現象を緩和することができる。

[0035] また、本発明の請求項8にかかる半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記ストライプ構造は、レーザ光が射出される共振器の前方端面でのストライプ幅が、その反対側に位置する後方端面でのストライプ幅よりも広いテーパ状を有することを特徴とする。

[0036] これにより、出射端面近傍における光のパワー密度を低減して高出力特性を改善することができ、また、レーザ素子の直列抵抗低減により信頼性を向上させることができる。

[0037] また、本発明の請求項9にかかる半導体レーザ装置は、請求項8に記載の半導体レーザ装置において、上記ストライプ構造は、共振器長をL、前方端面におけるストライプ幅をWf、後方端面におけるストライプ幅をWr、前方端面からの距離がxとなる位置におけるストライプ幅をWxとすると、 $Wx = Wf - (Wf - Wr) \cdot x / L$ の関係が成り立つよう形成されている、ことを特徴とする。

[0038] これにより、共振器内部での光パワー密度を均一化することができ、高出力特性や信頼性のさらなる向上を図ることができる。

[0039] また、本発明の請求項10にかかる半導体レーザ装置は、請求項9に記載の半導体

レーザ装置において、上記ストライプ構造は、上記前方端面でのストライプの幅と後方端面でのストライプの幅の比が、 $1 < (\text{前方端面でのストライプの幅}) / (\text{後方端面でのストライプの幅}) < 2$ 、の関係を満たす平面形状を持つよう形成されている、ことを特徴とする。

- [0040] これにより、ストライプ構造のテーパ形状の拡がりを制御して、導波路のマルチ化や、急激なテーパによる散乱損失の増大を防ぐことができる。
- [0041] また、本発明の請求項11にかかる半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記複数の電極部のうちの少なくとも一つの電極部は、その上記前方端面側の幅と上記後方端面側の幅とが異なるテーパ形状とした、ことを特徴とする。
- [0042] これにより、注入キャリアの密度分布と光強度分布との整合性を高めることができ、その結果、キャリアロスの低減による高効率化を実現することができる。
- [0043] また、本発明の請求項12にかかる半導体レーザ装置は、請求項11に記載の半導体レーザ装置において、上記複数の電極部のうちの前方端面側に近い電極部を、その上記前方端面側の幅と上記後方端面側の幅とが異なるテーパ形状とした、ことを特徴とする。
- [0044] これにより、注入キャリア密度の高い領域で、注入キャリア密度分布と光のパワー密度分布とのミスマッチを低減することができ、キャリアロスの低減による高効率化を実現することができる。
- [0045] また、本発明の請求項13にかかる半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記複数の電極部のそれぞれを、その上記前方端面側の幅とその上記後方端面側の幅とが異なるテーパ形状とした、ことを特徴とする。
- [0046] これにより、注入キャリア密度分布と光のパワー密度分布とのミスマッチを大きく低減することができ、キャリアロスの低減によるより一層の高効率化を実現することができる。
- [0047] また、本発明の請求項14にかかる半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置に置いて、上記ストライプ構造は、その上部に形成された抵抗層を有し、該抵抗層は、レーザ光が出射される上記共振器の前方端面から後方端面にかけて、

抵抗値が変化している、ことを特徴とする。

- [0048] これにより、注入キャリア密度分布と光パワー密度分布との整合性をより高めることができ、キャリアロスの低減による高効率化を実現することができる。
- [0049] また、本発明の請求項15にかかる半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記半導体レーザ素子が上記半導体基板上に複数集積化されており、該半導体基板上には、隣接する半導体レーザ素子を分離する分離抵抗部が形成されている、ことを特徴とする。
- [0050] これにより、ワットクラスの大出力を実現ことができ、半導体レーザをレーザディスプレイの光源として使用することが可能となる。
- [0051] また、本発明の請求項16にかかる半導体レーザ装置は、請求項15記載の半導体レーザ装置において、上記複数の半導体レーザ素子のうちの少なくとも1つは、他の半導体レーザ素子とは異なる波長でレーザ光を発振する、ことを特徴とする。
- [0052] これにより、出射されるレーザ光のスペクトルを拡大することができ、レーザディスプレイの光源として使用する場合にスペックルノイズを大幅に低減可能となる。
- [0053] また、本発明の請求項17にかかる半導体レーザ装置は、請求項15記載の半導体レーザ装置において、上記複数の半導体レーザ素子のうちの少なくとも1つは、他の半導体レーザ素子とは異なる注入電流で駆動する、ことを特徴とする。
- [0054] これにより、出射されるレーザ光のスペクトル幅を拡大することができ、レーザディスプレイの光源として使用する場合にスペックルノイズを大幅に低減可能となる。
- [0055] また、本発明の請求項18にかかる半導体レーザ装置は、請求項15記載の半導体レーザ装置において、上記複数の半導体レーザ素子のうちの少なくとも1つは、そのストライプ構造の幅が他の半導体レーザ素子のストライプ構造の幅と異なっている、ことを特徴とする。
- [0056] これにより、出射されるレーザ光のスペクトル幅を拡大することができ、レーザディスプレイの光源として使用する場合にスペックルノイズを大幅に低減可能となる。
- [0057] また、本発明の請求項19にかかる半導体レーザ装置では、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記半導体レーザ素子から出射されるレーザ光の発振波長は、430～455nmである、ことを特徴とする。

[0058] これにより、必要パワーの低減による消費電力の低減化、及び色再現性の改善を図った青色半導体レーザを実現することができる。

[0059] また、本発明の請求項20にかかる半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記半導体レーザ素子は、縦モードスペクトルがマルチモードであるレーザ光を出射する、ことを特徴とする。

[0060] これにより、レーザ光のコヒーレンスを低減でき、その結果、レーザディスプレイの光源として使用する場合にスペックルノイズを大幅に低減できる。

[0061] また、本発明の請求項21にかかる半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記半導体レーザ素子は、縦モードスペクトルの幅が1nm以上広がっているレーザ光を出射する、ことを特徴とする。

[0062] これにより、レーザディスプレイの光源として使用する場合にスペックルノイズを大幅に低減できる。

[0063] また、本発明の請求項22にかかるレーザ投射装置は、レーザ光を出射する半導体レーザ装置と、該半導体レーザ装置から出射されたレーザ光を投射する光学系とを備えたレーザ投射装置であって、上記半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置である、ことを特徴とする。

[0064] これにより、安定な横モード動作を損なうことなくレーザディスプレイに必要な大出力化を達成できる半導体レーザを光源として有するレーザ投射装置が得られる効果がある。

発明の効果

[0065] 本発明によれば、共振器両端面の反射率が異なる半導体レーザ装置において、活性層へのキャリア注入のためのストライプ構造上に配置される電極を分割構造とし、分割された各電極部に、活性層内でのキャリア密度分布が共振器方向の光強度分布に応じた分布となるよう駆動電圧を印加するので、注入キャリア密度の過剰な領域の発生を抑えて、安定した横モードでレーザ発振を行うことができる半導体レーザ装置を得ることができる。

[0066] また、本発明では、ストライプ構造をテーパー形状としたので、光強度の高い共振器の光出射端面側での注入キャリア不足を解消し、光強度に低い共振器の後方端

面付近で活性層内のキャリア密度が極端に高くなる現象を緩和することができる。このようにストライプ構造をテープー形状としたことによる高光出力化の効果は、しきい値キャリア密度が高く、微分利得の高い窒化ガリウム系の半導体レーザにおいて特に有効である。

図面の簡単な説明

[0067] [図1]図1は本発明の各実施の形態による半導体レーザ装置の基本構造を示す断面図。

[図2(a)]図2(a)は本発明の実施の形態1による半導体レーザ装置を模式的に示す斜視図。

[図2(b)]図2(b)は上記実施の形態1による半導体レーザ装置の駆動電流に対する高周波重畠を行う例を説明する図。

[図2(c)]図2(c)は上記実施の形態1による半導体レーザ装置の駆動電流に対する電流変調を行う例を説明する図。

[図3(a)]図3(a)は上記実施の形態1の半導体レーザを構成する共振器における軸方向光強度分布の一例を示す図。

[図3(b)]図3(b)は上記実施の形態1の半導体レーザを構成する、分割した4つの電極に印加する電流の大小関係を示す図。

[図3(c)]図3(c)は上記実施の形態1の半導体レーザの分割電極を3分割電極とした場合の、分割された3つの電極に印加する電流の大小関係を示す図。

[図4]図4は本発明の実施の形態2による半導体レーザ装置を模式的に示す斜視図。

[図5]図5は本発明の実施の形態3による半導体レーザ装置を示す平面図。

[図6(a)]図6(a)は上記実施の形態3の半導体レーザ装置における分割電極構造の他の例を説明する図。

[図6(b)]図6(b)は上記実施の形態3の半導体レーザ装置における分割電極構造のその他の例を説明する図。

[図7]図7は本発明の実施の形態4による半導体レーザ装置を説明する斜視図。

[図8]図8は本発明の実施の形態5によるレーザ投射装置を説明する図。

[図9]図9は半導体レーザの波長と必要な出力との関係を示す図。

[図10]図10は従来の半導体レーザの一例を示す模式図。

[図11]図11は図10に示した従来の半導体レーザにおける共振器の軸方向光強度分布の一例を示す図。

符号の説明

[0068] 1～4, 1a～3a, 1b～3b, 1c～3c 電極部
5 後方端面側反射膜
6 前方端面側反射膜
7 分離抵抗部
10, 10a, 10b, 20, 30, 30a, 30b, 40, 100 半導体レーザ装置
11～14 電源
23, 24 高周波電源
33, 34 変調器
50 レーザ投射装置
101 n型GaN基板
102 n型AlGaNクラッド層
103 n型GaN光ガイド層
104, 104d InGaNを含む多重量子井戸構造からなる活性層
105 アンドープGaNキャップ層
106 p型GaN光ガイド層
107 p型AlGaNクラッド層
107a, 107b, 107c, 107a1～107an リッジ部
108 p型GaNコンタクト層
109 pメタル層
110, 110d 半導体層積層体
111, 111a 絶縁層
115, 115a～115c p電極
116 n電極

201a 赤色半導体レーザ光源
201b 緑色レーザ光源
201c 青色半導体レーザ光源
202a～202c ビームエキスパンダ
203a～203c 光インテグレータ
204a～204c 集光レンズ
205a～205c フィールドレンズ
206a～206c 拡散板
207a～207c 空間光変調素子
208a～208c 拡散揺動手段
209 ダイクロイックプリズム
210 投写レンズ
211 スクリーン
212a, 212c ミラー
225a, 225c 高周波電源
LB-1～LB-n レーザ光
LD-1～LD-n 半導体レーザ素子

発明を実施するための最良の形態

[0069] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態に係る半導体レーザ装置を詳細に説明する。

[0070] (実施の形態1)

本発明の実施の形態1による半導体レーザ装置は、電流狭窄を行うストライプ構造を有し、光を出射する前方端面の光反射率と、その反対側の後方端面の光反射率とが異なる端面発光型レーザ装置であって、上記ストライプ構造上に配置される電極を、複数に分割した構造とし、分割されている複数の電極部に、活性層に注入される電流密度が前方端面側で大きく、後方端面側で小さくなるよう、レーザ駆動電流を印加するものである。

[0071] なお、この実施の形態1の半導体レーザ装置は、光ピックアップやレーザーディス

プレイの光源として応用可能なものである。

以下、本実施の形態1について詳述する。

[0072] まず、本実施の形態1による半導体レーザ装置の基本的な素子構造について説明する。

図1は、本発明の実施の形態1による半導体レーザ装置の基本的な素子構造を説明する断面図であり、共振器長方向に対して垂直な断面の具体的な構造を示している。

[0073] この実施の形態1の半導体レーザ装置10は、半導体基板上にIII-V族窒化物物系半導体材料を用いた窒化物半導体レーザ素子を形成してなるものである。

[0074] 具体的には、この半導体レーザ装置10は、図10に示す従来の半導体レーザ100と同様、n型GaN基板101の上面に、n型AlGaNクラッド層102、n型GaN光ガイド層103、InGaNを含む多重量子井戸構造を有する活性層104、アンドープGaNキャップ層105、p型GaN光ガイド層106、及びp型AlGaNクラッド層107を順次積層してなる半導体層積層体110を有している。

[0075] ここで、上記p型AlGaNクラッド層107は、メサ型のリッジ部107aを有する、レーザの長さ方向と垂直な断面形状が凸型台形であるリッジ型クラッド層で、そのリッジ部107aの上面には、p型GaNコンタクト層108が形成されている。

[0076] そして、この実施の形態1の半導体レーザ装置10では、上記クラッド層107のリッジ部107a上のp型GaNコンタクト層108上には、さらにpメタル層109が形成され、さらに該クラッド層107上には、pメタル層109の表面が露出するよう、絶縁膜111aが形成されている。また、該絶縁膜111a上には、p電極115aが、上記リッジ部107a上のpメタル層109と接触するよう形成され、上記n型GaN基板101の下面には、n電極116が形成されている。

[0077] この実施の形態1の半導体レーザ装置10では、主に、リッジ部107a、コンタクト層108、pメタル層109、絶縁膜111a、及びp電極115aにより、活性層104の、共振器を構成する部分に、電流を集中して注入するストライプ構造が形成されている。また、上記活性層104の、リッジ部107aに対向する部分は、レーザ光が発生し導波する光導波路であり、該光導波路の、リッジ部延在方向と垂直な両端面が共振器端面とな

つている。

[0078] 次に半導体レーザ装置の製造方法について説明する。

まず、有機金属化学気相成長法(MOCVD法)を用いて、n型GaN基板101上に、n型AlGaNクラッド層102, n型GaN光ガイド層103, InGaNを含む多重量子井戸構造からなる活性層104, アンドープGaNキャップ層105, p型GaN光ガイド層106, p型AlGaNクラッド層107, およびp型GaNコンタクト層108を連続成長させる。

[0079] 次に、選択的なドライエッチングにより、p型GaNコンタクト層108及びp型AlGaNクラッド層107を加工して、ストライプ状のメサ型リッジ部107aを形成する。その後、上記半導体層積層体110の表面全体に絶縁膜111aを、上記ストライプ状リッジ部107a上のコンタクト層108が露出するよう全面に形成する。

[0080] そして、ストライプ状リッジ部107a上のコンタクト層108上にpメタル層109を選択的に形成し、その後、上記絶縁膜111a及びコンタクト層108上にp電極115aを、半導体基板101の裏面側にn電極116を形成する。

[0081] 本実施の形態1の半導体レーザ装置10では、レーザ素子の共振器長、チップ幅、および厚みは、それぞれ600 μ m、400 μ m、および80 μ mとしている。また、レーザ素子の共振器端面は誘電体膜6及び5によりコーティングし、レーザ光が出射される前方端面、およびその反対側の後方端面の反射率はそれぞれ10%、90%としている。

[0082] 次に、上記半導体レーザ装置のp電極115aの構造について説明する。

図2(a)は、実施の形態1の半導体レーザ装置の電極構造を模式的に示す斜視図であり、上記レーザ素子の上面上に配置された、4分割されたp電極を示している。

[0083] なお、図2(a)では、半導体レーザ装置10の半導体層積層体110を構成する、活性層104以外の半導体層は省略しており、図1に示すp電極115aについては、実質的な電極領域のみを、つまりストライプ状リッジ部107a上に位置する部分のみを示している。

[0084] 上記半導体レーザ装置10では、上記活性層104の、上記ストライプ状リッジ部107aに対向する部分には、レーザ発振を行う共振器が形成されている。そして、上記ストライプ状リッジ部107a上に設けられたp電極115aは4分割され、個々の電極部1~4

が共振器長方向に沿って並んでおり、それぞれ電源11～14に接続されている。

[0085] また、隣接する電極部の間には、これらの電極部間での電流の回り込みを防止する分離抵抗部7が形成されている。この分離抵抗部7は、上記ストライプ状リッジ部107aの、隣接する電極部間の部分を、pメタル層109の表面からp型AlGaNクラッド層107の内部までエッチングして形成したものである。分離抵抗部7には、さらに電流ブロック層を形成することで抵抗分離をより確実にすることも可能である。この電流ブロック層は、例えば、リッジ部107aの、隣接する電極部の間の表面領域をイオン注入などにより高抵抗化することにより形成することができる。

[0086] ここで、上記各電源11～14は、各電極部1, 2, 3, 4に注入される電流の大きさI1, I2, I3, I4が、 $I_1 > I_2 > I_3 > I_4$ の関係を満たすよう各電極部に駆動電圧を印加するものである。即ち、電源11, 12, 13, 14により各電極部1～4に印加される駆動電圧は、レーザ光LBの出射端面側の電極部からの注入電流の方が、出射端面と反対側の後方端面側の電極部からの注入電流よりも大きくなるよう設定されている。

[0087] また、ここでは、ストライプ状リッジ部107aの幅は、約 $50 \mu m$ 、その長さは1mmとしている。この半導体レーザ装置では、光出射端面である前方端面の光反射率は10パーセント、その反対側の後方端面の光反射率は90パーセントとしている。

[0088] さらに、この半導体レーザ装置10は、端面窓構造を有しており、高出力レーザでの端面破壊によるレーザ信頼性の低下を防止できるものである。端面窓構造は共振器端面近傍の活性層を、光の発生が行われないよう非活性にすることにより形成可能である。なお、共振器端面近傍のp型クラッド層の上部に電流ブロック層を設けることにより、活性層の、共振器端面近傍部分に電流が流れるのを防止して端面窓構造を形成することもできる。

[0089] 次に作用効果について説明する。

このような半導体レーザ10では、上記p電極115aとn電極116との間に駆動電圧を印加すると、これらの電極から電流が活性層104に注入される。このとき、活性層への注入電流は、活性層104の、リッジ部107aに対向する部分に集中し、この部分で光が発生する。そして、注入電流が一定の閾値を超えると、この発光領域を光導波路とする共振器でレーザ発振が生じ、レーザ光LBが上記共振器端面から外部に出

力される。このとき、p電極115aを構成する4つの電極部1～4には、レーザ光LBの出射端面に近いものほど、注入電流が大きくなるよう駆動電圧が印加される。

[0090] このような構成の半導体レーザ装置の特長は、高出力のレーザ光を取り出すことが可能な点である。

以下に、本実施の形態1の半導体レーザ装置の特性を、従来のものと比較して説明する。

[0091] 一般的に、光ディスクへの高速書き込み用光源、ディスプレイ用光源等への応用には100mW以上の高出力特性が要求される。これを実現するには、レーザ端面反射率の非対称性が有効である。従来の半導体レーザ装置では、端面反射率を非対称にすることにより、図3(a)に示すように、低反射率側の端面近傍での光のパワー密度の増大を図り、高出力特性を実現している。ところが、高いパワーを得るために注入電流を大きくすると、活性層の後方端面近傍部での光密度が増大するため、共振器軸方向におけるホールバーニングの発生により、利得が低下したり、横モードが不安定な状態となったりして、注入電流の増大は出力の低下や不安定性の原因となる。一方、活性層の光出射面近傍部では、光のパワー密度の増大による注入キャリア不足が発生する。

[0092] これに対し、本実施の形態1の半導体レーザ装置では、光出射側端面とその反対側の後方端面におけるキャリア密度分布を光強度分布に応じた分布とすることで、高出力時の安定した出力を得ることができる。つまり、電極の構造を、光のパワー密度分布に合わせて電流の注入密度を制御可能な分割構造とし、例えば図3(b)に示すように、p電極を4分割して得られた各電極部1～4により注入される電流量I1, I2, I3, I4を、 $I_1 > I_2 > I_3 > I_4$ の関係を満たすようにすることにより、光パワー密度分布にあわせたキャリアの注入が可能になる。特に、光出射端面近傍の電極部における電流密度の増大が有効である。

[0093] なお、上記p電極を分割して得られる電極部の個数は4つに限らず、2つ以上であればよいが、3つあるいは4つが望ましい。

[0094] また、注入電流の強度分布は、図3(a)に示す光パワー密度分布に応じた分布とするのが望ましい。

[0095] 例えば、図3(b)は、p電極を4分割構造とした場合の光強度分布及び注入電流の大きさを示している。この場合、図3(b)に示すように、注入電流強度分布が光のパワー密度分布L1に適合したものとなるよう、各電極部1～4からの注入電流I1, I2, I3, I4を設定することが好ましい。

[0096] なお、図3(c)は、p電極を3分割構造とした場合の光強度分布及び注入電流の大きさを示している。この場合、図3(c)に示すように、光のパワー密度分布L2に合わせて光出射端面とは反対側の後方端面に近い電極部3aを、他の電極1a及び2aより長くし、また各電極部1a～3aから注入される電流の密度I1a, I2a, I3aは、光出射端面に近い電極部のものほど高くなるように設計している。つまり、この場合、電極部1a～3aから注入される電流の密度I1a, I2a, I3aは、 $I1a > I2a > I3a$ の関係を満たす。

[0097] さらに、p電極を2分割構造とした場合は、図3(a)に示す光のパワー密度分布に合わせて、光出射端面側の電極部の長さをもう一方の後方端面側の電極部の長さより短くし、かつ光出射端面側の電極部からの注入電流の密度を一方の後方端面側の電極部からの注入電流の密度より高くすることで、注入電流密度の分布を光パワー密度分布に近いものにすることも可能である。

[0098] このようにすることで、通常はホールバーニングによる横モード不安定化が生じやすい光出射端面近傍のパワー密度の高い部分において、その発生を大幅に抑圧でき、高出力化が可能となる。特に、p電極を3つ以上に分割した場合、注入電流密度分布を光のパワー密度の分布により近いものにすることができる。ただし、p電極の分割数が6つ以上になると、電極部と分離抵抗部の長さを合わせたレーザ素子全体の長さが大きくなってしまうので、歩留まりの点からはあまり望ましくない。

[0099] また、半導体レーザ素子における光出射端面とその反対側の後方端面とで反射率が異なる非対称反射率構造は、高出力特性に重要である。光出射端面の反射率を低減することで、図3(a)の光パワー密度分布が実現され、高出力の光を効率よく取り出すことができる。この高出力特性を実現するには、光出射端面の反射率は1～20%、後方端面の反射率は60～100%にするのが好ましい。さらに好ましくは光出射側端面の反射率は3～10%、後方端面の反射率は80～100%にするのが好ましい。最も高出力な特性が実現できるのは、光出射端面の反射率を5±2%、後方端面

の反射率を95±5%に設定したときである。さらに、GaN系レーザ以外のレーザ、例えば、AlGaAs系半導体材料やAlGaInP系半導体材料を用いた半導体レーザであっても、電極を分割電極構造とすることによって動作の安定した高出力特性を有する半導体レーザを得ることは可能である。

[0100] 次に、本実施の形態1の半導体レーザにおける、戻り光によるノイズ発生を防止する構造について説明する。

[0101] 戻り光ノイズとは、半導体レーザが射出した光が活性層に帰還することでノイズが大幅に増大する現象である。これを防止するため、通常、光のコヒーレンスを低減する方法が採られている。その一つとして、駆動電流に数100MHz程度のRF信号を重畳する高周波重畠方法がある。ところが、高出力半導体レーザでは、駆動電流が増大するため、必要なRFパワーが大幅に増大するという問題があった。また、RFパワーが増大すると、消費電力が増大し、また放熱対策や放射対策等によりシステム全体のコストが大幅に増大してしまうという問題が発生する。

[0102] これに対し、本実施の形態1の半導体レーザ装置は、上記のような高出力レーザにおける高周波重畠の問題を解決することができる。

[0103] つまり、高周波重畠方法とは、半導体レーザのキャリア密度の状態を変化させることで、光の発振状態を時間的に変化させ、時間的コヒーレンスを低下させる方法である。従って、活性層に注入されるキャリア密度に対する変化率の大きさが重要である。

[0104] 従来の単一電極構造を有する半導体レーザ装置では、注入される電流は電極全体に分散するため、キャリア密度を大きく変化させるには、注入する電流に対して高い周波数で変化させる電流の割合を大きくとる必要があり、高周波重畠のRF振幅が大きくなってしまうという問題があった。

[0105] これに対し、本実施の形態1の半導体レーザ装置では、一部の電極部にのみRF信号を重畠することが可能である。

[0106] 例えば、図2(b)は、実施の形態1の半導体レーザ装置の4つの分割電極のうちの一部のものにのみ高周波電源を接続した半導体レーザ装置10aの例を示している。つまり、電極部3に高周波電源23を接続し、電極部4に高周波電源24を接続し、これらの電極部3, 4に高周波信号を重畠するようにしている。

[0107] 本実施の形態1の半導体レーザ装置では、p電極が4分割されているため、各電極部からの注入電流は、分割されていないp電極からの注入電流に比べて大幅に低下する。つまり、分割された複数の電極部の一部の電極部に重畳する高周波信号の電流振幅は、単一電極に重畳する高周波信号の電流振幅に対して何分の1かに低減可能となるため、高周波重畳のパワーを大幅に低減することができる。また、一部の電極部に高周波信号を重畳した場合にも、該電極部下側の活性層でのキャリア密度の変動は十分得られるため、共振器全体の発振状態が変化して時間的コヒーレンスを下げることができる。

[0108] さらに、本実施の形態1の半導体レーザ装置では、図3(a)の光強度分布図に示すような出力を得るために、光出射側端面近傍の電極部からの注入電流を大きくする必要があるが、後方端面側の電極部からの注入電流には光のパワー密度に合わせた低電流しか必要とされない。このため、後方端面近傍の電極部からの注入電流に高周波信号を重畳することにより、低いRFパワーで効率良くコヒーレンスを低下させることができ、システムの小型化、低コスト化、低消費電力化が可能となる。

[0109] また、本実施の形態1の半導体レーザ装置における分割電極構造は、GaNレーザに特に有効であり、以下にその理由を説明する。

[0110] 通常、GaN基板をベースとする半導体レーザでは、緩和振動が大きく高周波重畳を行うと、スパイクノイズが発生する。スパイクノイズとは、半導体レーザへ注入する電流を高周波で変調すると、緩和振動により出力光波形がスパイク状に変化し、変調度の何倍も高いパルス出力が発生する現象である。従来のGaNレーザを用いた光ディスクシステムでは、光ディスクの再生時に戻り光によりレーザのノイズが増大するのを防止するため、レーザに数100MHzの高周波を重畳している。ところが、再生時の平均パワーが低い状態でも、尖塔値の高いスパイク状の出力がでているため、これが原因となって、再生時に記録したデータが劣化する再生光劣化の問題が発生する。

[0111] これに対して、本実施の形態1の半導体レーザ装置では、電極を分割して一部の電極部に100mA程度の高周波を重畳するようにしているため、レーザの戻り光ノイズを低減した状態で、スパイク状出力の尖塔値を半分以下に大幅に低減することが

できる。また、戻り光ノイズを低減するために高周波重畠方法を用いる場合、高周波信号は光出射端面近傍の電極部に印加するのが好ましい。つまり、戻り光の影響を最も受けやすい光出射端面の近傍に位置する電極部に高周波信号を印加することにより、戻り光ノイズを低減することができるとともに、スパイクノイズを大幅に低減することができる。そのため、本実施の形態1の半導体レーザ装置は、光ディスク装置等への応用には好ましい。また、本実施の形態1の半導体レーザ装置は、GaN系レーザ以外のレーザ、例えば、AlGaAs系半導体材料やAlGaInP系半導体材料を用いた半導体レーザ装置であってもよく、この場合も高周波重畠を効率よく印加することが可能である。

[0112] さらに、本実施の形態1の半導体レーザ装置における分割電極構造は、レーザ出力を変調する場合にも有効な役割を果たす。

[0113] 現在、半導体レーザの出力を変調する場合、レーザ全体の注入電流を0～100%の間の所定の変調度で変調する。ところが、半導体レーザの注入電流を変化させると、消費電力の増大により半導体レーザの温度が変化して発振波長が変動するチャーピング現象が生じる。例えば、光ディスク等のメディアに対する情報の記録を行う場合、光源を変調しながら記録するが、この際にチャーピングにより光源の波長が変動すると、色収差の影響により集光スポットの大きさが変化してしまう。この現象は光学系の分散特性が顕著になる短波長領域で特に顕著になる。

[0114] これに対し、本実施の形態1の半導体レーザ装置では、一部の電極部からの注入電流を変調することにより、レーザ全体の光出力を変調することが可能である。

例えば、図2(c)は、図2(b)に示す半導体レーザ装置10aの一部の電極部と電源との間に変調器を挿入した半導体レーザ装置10bの例を示している。

[0115] ここでは、電極部3と電源13との間に変調器33を挿入し、電極部4と電源14との間に変調器34を挿入し、該電源13及び14から電極部3及び4に供給される電流を変調するようしている。このように、一部の電極部に供給される電源電流を変調することにより、半導体レーザ装置全体での電流値の変化が小さくなり、この結果、チャーピングが数nm以下に収まるように小さくなる。このような構成の半導体レーザ装置10bは、特に光ディスクのピックアップの光源への応用には好ましい。

[0116] このように本実施の形態1では、光出射端面での光反射率とその反対側の端面での光反射率とが異なる非対称反射率構造の半導体レーザ装置において、ストライプ状リッジ部上に配置される電極を、複数に分割した分割電極構造とし、光出射端面側に近い電極部からの注入電流ほど注入電流密度が高くなるようにしたので、活性層内でのキャリア密度分布が活性層内での光強度分布に応じたものとなり、これにより、安定した横モードでレーザ発振を行うことのできる高出力の半導体レーザを実現することができる。

[0117] また、本実施の形態1では、複数に分割した電極部の、一部の電極部のみに対して高周波重畠を行うようにしたので、RFによるキャリア密度の変化を少ない電流振幅で実現することができ、その結果、システムの小型化、低コスト化、低消費電力化を実現することができる。例えば、高周波重畠を後方端面側の電極部に対して行う場合は、重畠する高周波の電流密度をより低減することができる。また、高周波重畠を前方端面側の電極部に対して行う場合は、戻り光ノイズの低減、及びスパイクノイズの低減を効果的に実現することができる。

[0118] また、本実施の形態1では、複数に分割した電極部の、一部の電極部に注入する電流を変調することにより、レーザ出力の変調を、チャーピングを抑えつつ行うことが可能になる。

[0119] なお、本実施の形態1の半導体レーザ装置では、半導体レーザ素子として図1に示す断面構造のものを示したが、半導体レーザ素子の断面構造は、図10に示す従来の半導体レーザのものと同一としてもよい。

[0120] (実施の形態2)

図4は、本発明の実施の形態2による半導体レーザ装置を説明する図である。

[0121] この実施の形態2の半導体レーザ装置20は、図2(c)に示す実施の形態1の半導体レーザ装置10bにおけるストライプ状リッジ部107aの幅を広げたワイドストライプ構造の高出力半導体レーザ装置であり、レーザディスプレイの光源として利用されるものである。

[0122] つまり、この実施の形態2の半導体レーザ装置20は、実施の形態1の半導体レーザ装置10と同様、n型GaN基板上に、n型AlGaNクラッド層、n型GaN光ガイド層、I

nGaNを含む多重量子井戸構造を有する活性層、アンドープGaNキャップ層、p型GaN光ガイド層、及びp型AlGaNクラッド層を順次積層してなる半導体層積層体110を有している。

[0123] そして、この実施の形態2では、半導体層積層体110の表面に形成されたストライプ状リッジ部107bは、実施の形態1のものに比べてその幅が広いものとなっており、上記活性層104の、上記ストライプ状リッジ部107bに対向する部分には、レーザ発振を行う共振器が形成されている。また、上記ストライプ状リッジ部107b上に4分割されたp電極が配置され、隣接する電極部の間には、実施の形態1の半導体レーザ装置と同様、分離抵抗部7が形成されている。このp電極を構成する複数の電極部1～4は共振器長方向に沿って並んでおり、それぞれ電源11～14に接続されている。

[0124] また、この実施の形態2の半導体レーザ装置20では、上記複数の電極部のうち、後方端面に最も近い電極部4には高周波電源24が、またその隣の電極部3には高周波電源23が接続され、これらの電極部に注入する電流には、異なる周波数の高調波を重畳するようにしている。また、電極部3と電源13との間に変調器33を挿入し、電極部4と電源14との間に変調器34を挿入し、該電源13及び14から電極部3及び4に供給される電流を変調するようにしている。

[0125] 次に作用効果について説明する。

レーザディスプレイは、RGBレーザ光を用いたディスプレイ装置であり、レーザ出力としては数100mWから数W以上の大出力が必要とされるが、レーザディスプレイでは、光の回折限界の集光特性は要求されないため、半導体レーザの横モードは単一モードである必要はない。

[0126] そこで、本実施の形態2の半導体レーザ装置20は、ワイドストライプ構造を採用している。

[0127] しかし、このワイドストライプの構造においても、導波路内での光のパワー分布に合わせた十分なキャリア密度が必要である。特に、光出射端面近傍部では、光のパワー密度の増大によりキャリア不足が生じて横モードの発振状態が不安定になり、高出力特性が劣化する問題がある。このため、ワイドストライプ構造を有する半導体レーザ装置においても、注入電流密度分布の最適化を図る必要がある。

[0128] さらに、レーザディスプレイの光源には、上記出力特性に加えて次の特性が要求される。

第1に、波長の安定性が要求される。特に、赤色レーザにおいては視感度の波長変化が大きいので、 $\pm 1\text{nm}$ 以下に波長変化を抑える必要がある。

[0129] 第2に、スペックルノイズの低減が要求される。スペックルノイズを低減するには、コヒーレンスの低減が重要であり、波長スペクトルを数nmに拡大する必要がある。

[0130] 本実施の形態2の半導体レーザ装置は、上記2点の問題を解決したものであり、以下に従来のものと比較して説明する。

まず、波長の安定化について述べる。

[0131] レーザ光により映像を投影する場合、レーザ出力強度を階調に合わせて変調する必要がある。このとき問題となるのが、出力強度と共に、モードの安定性と波長変化である。即ち、レーザ光による映像の投影では、レーザ光を100mW以上から数mW以下の値にまで変調する必要があるが、レーザ波長がレーザ出力強度と共に変化してしまう。また、従来の高出力半導体レーザでは、高出力時と低出力時とでは駆動電流が大きく異なるため、レーザの温度の差により発振波長が大きく異なるチャーピングが発生する。

[0132] これに対し、本実施の形態2の半導体レーザ装置20は、複数に分割した電極の一部に印加される電流を変調するようにしたことで、注入電流の変化を低減することができ、その結果、波長変動が少なく安定した変調を行うことができる。また、p電極を分割構造として注入電流密度に共振器長方向の分布を持たせているので、横モードの安定化により階調度の増大を図ることができる。

[0133] 次に、スペクトルノイズの低減のための波長スペクトルの拡大について述べる。

レーザディスプレイ光源としては、高出力特性を必要とするため、平均出力を100mW以上に保った状態での高周波重畠が必要となる。

[0134] 従って、従来の半導体レーザ装置では、数100mAの電流を注入する状態で高周波重畠する必要があり、数100mAの電流振幅をもった高周波を印加する構成が必要となる。このため、非常に大きな消費電力とハイパワーの高周波回路が必要となり、また、外部放射を低減することも要求される。

[0135] これに対し、本実施の形態2の半導体レーザ装置20は、複数に分割した電極部の一部に印加される電流に高周波を重畠することにより、RF電流を低減することができる。さらに、活性層内の後方端面近傍部では、光強度密度が小さいことから必要な電流密度は小さく、従って注入電流を低減することができる。その結果、RF電流の重畠を、後方端面に近い電極部からの注入電流に対して行うことにより、注入電流に依存するRF重畠の振幅を大幅に低減することが可能となり、システムの簡易化、小型化、低消費電力化を実現することができる。

[0136] 次に、コヒーレンスをさらに低減してスペックルノイズを防止する点について述べる。コヒーレンスの低下は、スペクトル幅の拡大に比例する。つまり、スペクトル幅を大きく広げることで、よりスペックルノイズを低減可能である。このため、半導体レーザの駆動電流に加える高周波重畠のパワーを増大することが有効であるが、パワー増大によるスペクトル拡大は、波長で数nm程度に限られる。

[0137] これに対して、本実施の形態2の半導体レーザ装置20は、複数に分割した電極部のうち、後方端面に最も近い電極部3と、この隣の電極部4に、異なる周波数の高周波を印加するようにしている。

[0138] 例えば、500MHzと400MHzといった異なる周波数の高周波を、異なる2つの電極部に印加すると、両電極間でのレーザ発振状態の相対的な乱れが大きくなり、スペクトルの広がりが大きくなる。このとき、周波数依存性はあるが、1つの電極に高周波を印加する場合に比べて、スペクトルの広がりを1.2～1.5倍にすることができる。このような本実施の形態2の半導体レーザ装置20は、100mW以上の高出力光のコヒーレンス低減に特に有効である。

[0139] このように本実施の形態2では、光出射端面での光反射率とその反対側の端面での光反射率とが異なるワイドストライプ構造の半導体レーザ装置において、ストライプ状リッジ部上に配置される電極を、複数に分割した分割構造とし、光出射端面側に近い電極部ほど、対応する注入電流の密度が高くなるようにしたので、活性層内のキャリア密度分布が活性層内での光強度分布に応じたものとなり、これにより、レーザディスプレイの光源として利用される、安定した横モードでレーザ発振を行うことでのりより高出力の半導体レーザを実現することができる。

[0140] また、複数に分割した電極部のうち、2つの電極部に異なる周波数の高周波を重畠するようにしたので、高周波重畠のパワーを増加させることなく、スペクトル幅を拡大することができ、その結果、消費電力の増大を招くことなくスペックルノイズを低減させることができる。

[0141] (実施の形態3)

図5は、本発明の実施の形態3による半導体レーザ装置を説明するための図であり、半導体レーザ装置のストライプ状リッジ部の平面形状を示している。

[0142] 本実施の形態3の半導体レーザ装置30は、上記実施の形態1の半導体レーザ装置10のストライプ状リッジ部107aを、その幅が光出射端面に近い部分ほど広い平面テーパ形状としたものであり、その他の構成は実施の形態1の半導体レーザ装置と同一である。

[0143] つまり、この実施の形態3の半導体レーザ装置30は、実施の形態1の半導体レーザ装置10と同様、n型GaN基板上に、n型AlGaNクラッド層、n型GaN光ガイド層、InGaNを含む多重量子井戸構造を有する活性層、アンドープGaNキャップ層、p型GaN光ガイド層、及びp型AlGaNクラッド層を順次積層してなる半導体層積層体110を有している。

[0144] そして、この実施の形態3では、半導体層積層体の表面に形成されたストライプ状リッジ部107cは、その幅が光出射端面側ほど広いテーパ形状となっており、上記活性層の、上記ストライプ状リッジ部107cに対向する部分には、レーザ発振を行う共振器が形成されている。ここで、ストライプ状リッジ部107cの平面形状は、共振器軸を対称軸とする左右対称な形状となっている。

[0145] また、半導体層積層体110の表面上には、絶縁膜111aが、上記ストライプ状リッジ部107cの上面が露出するよう形成され、さらにその上には、p電極115aが、ストライプ状リッジ部107cの露出面と接触するよう形成されている。

[0146] ここで、p電極115aは実施の形態1と同様4分割され、個々の電極部1～4が共振器長方向に沿って並んでいる。

次に作用効果について説明する。

[0147] 上記実施の形態1、2の半導体レーザ装置では、複数に分割した電極部に注入さ

れる電流の分布を、共振器の軸方向における光強度分布に合った分布とすることで、半導体レーザの高出力化を可能としているが、活性層内の光の強度分布は、図2(a)に示す通りであり、活性層内の各部での光のパワー密度自体は変わっていない。このため、光出射側端面近傍部での光のパワー密度がかなり高いレベルとなり、信頼性が低下する恐れがある。

[0148] これに対し、本実施の形態3の半導体レーザ装置30では、ストライプ状リッジ部107cを平面テーパ形状に形成しているため、光出射端面側近傍における導波路幅を増大させることができ、これにより活性層内の光出射端面近傍部での光のパワー密度の低減化を図ることができる。

[0149] 本実施の形態3では、ストライプ状リッジ部107cは、共振器長をL、前方端面(光出射側端面)におけるストライプ幅をWf、後方端面におけるストライプ幅をWr、前方端面からの距離がxとなる位置におけるストライプ幅をWxとすると、

[0150]
$$Wx = Wf - (Wf - Wr) \cdot x / L$$

[0151] の関係が成り立つように形成される。

[0152] 例えば、ストライプ状リッジ部107cを、前方端面でのストライプ幅Wfが50 μ m、後方端面でのリッジ幅Wrが35 μ mとなるテーパ形状とすることで、しきい値電流は減少し、スロープ効率は向上した。

[0153] また、本実施の形態3の半導体レーザ装置30では、上述したようにストライプ状リッジ部107cの平面形状をテーパ形状としたことにより、特性温度の点でも大幅な改善が見られた。

[0154] 前方端面及び後方端面でのストライプ幅が50 μ mである従来型のレーザ構造では、連続発振動作時の横モードが不安定になるレベルは、平均で80mWであった。これに対して、本実施の形態のように、前方端面でのストライプ幅を50 μ m、後方端面でのストライプの幅を35 μ mとしたレーザ構造では、連続発振動作時の横モードが不安定になるのは平均で200mWであり、高光出力動作時まで横モードでの安定したレーザ発振が実現された。

[0155] さらに、p電極を4分割構造として注入電流密度に共振器長方向の分布を持たせた場合、横モードが不安定になるレベルを300mWまで増大させるのに成功した。また

、特性温度も105Kから145Kに上昇した。また、しきい値電流の低下からも明らかのように、活性層内のキャリア密度の低下により熱飽和レベルが向上した。

[0156] ところで、このようにストライプ状リッジ部を平面テープ形状とすることで、活性層内の光密度の均一化を図ることができるが、前方端面でのストライプ幅と後方端面でのストライプ幅との比が大きくなりすぎると、導波路のマルチ化や、急激なテープによる伝搬損失の増大等が発生し、テープの広がりには限界がある。具体的には、後方端面でのストライプ幅に対して、前方端面でのストライプ幅を2倍以上にするのは難しい。このため、ストライプ幅の拡大による光密度の低減には限界があった。

[0157] そこで、上記実施の形態1で示したように、電極を分割構造にし、活性層の光出射側端面近傍部での電流密度を増大させることで、さらなる高出力特性の改善が可能となつた。

[0158] ただし、前方端面付近と後方端面付近とで極端にストライプの幅が異なる場合、散乱損失が増大する可能性がある。望ましくは前方端面でのストライプの幅と後方端面でのストライプの幅の比は、

[0159] $1 < (\text{前方端面でのストライプの幅}) / (\text{後方端面でのストライプの幅}) < 2$

[0160] の範囲であればよい。

[0161] このように本実施の形態3では、光出射端面での光反射率とその反対側の端面での光反射率とが異なる半導体レーザ装置において、ストライプ状リッジ部を、光出射端面側での幅が広くその反対側の端面での幅が狭いテープ形状とし、該リッジ部上に配置される電極を、複数に分割した分割電極構造とし、光出射端面側に近い電極部ほど、対応する注入電流密度が高くなるようにしたので、活性層内でのキャリア密度分布が活性層内での光強度分布に応じたものとするととともに、活性層の光出射端面近傍部での光パワー密度を低減することができる。これにより、安定した横モードでレーザ発振を行うことができ、しかも信頼性の高い高出力半導体レーザを得ることができる。

[0162] なお、上記各実施の形態では、半導体レーザの素子構造は、図1に示す半導体層積層体を有するものとしているが、半導体レーザの素子構造はこれに限るものではない。

[0163] 例え、半導体レーザを構成する半導体層積層体は、n型基板上に、n型クラッド層、n型光ガイド層、多重量子井戸構造を有する活性層、アンドープキャップ層、p型ガイド層、p型クラッド層、エッチングストップ層、及び第2のp型クラッド層を順次積層してなるものとしてもよい。この場合、ストライプ状リッジ部の直下にはエッチングストップ層が位置することとなる。

[0164] また、本実施の形態3では、ストライプ状リッジ部の平面形状を、そのストライプ幅が前方端面から後方端面にかけて連続的に変化する形状とした場合について述べたが、ストライプ状リッジ部の平面形状はこれに限定されるものではない。

[0165] また、本実施の形態3では、半導体基板としてGaN基板を想定しているが、例え、レーザ素子を構成する基板は、サファイヤ基板やSiC基板等のように、III-V族窒化物系半導体材料をその上にエピタキシャル成長できるものであればよい。

[0166] また、本実施の形態3では、半導体レーザは、III-V族窒化物系半導体材料からなる半導体レーザとしているが、半導体レーザは、例え、AlGaAs系半導体材料やAlGaInP系半導体材料を用いたものでもよく、この場合にも、安定した基本横モードでレーザ発振を行うことのできる高出力半導体レーザを実現可能である。

[0167] 特に、AlGaInP系半導体材料を用いた半導体レーザ装置では、基板面方位が(100)から[0-11]または[011]方向に傾斜したGaAs基板上に、各半導体層を積層して半導体層積層体を形成すれば、結晶の秩序化によるバンドギャップ変動も起ららず、安定した高出力半導体レーザを実現可能である。

[0168] また、本実施の形態3では、半導体レーザ装置が1つの半導体レーザ素子からなり、1つのストライプ状リッジ部を有する場合について説明したが、1つの半導体レーザ装置は、複数の半導体レーザ素子からなる、複数のストライプ状リッジ部を有するマルチビーム型の半導体レーザであってもよく、この場合も上記実施の形態3と同様の効果が得られる。

[0169] さらに、実施の形態3では、半導体レーザ装置は、レーザ発振は基本横モードで行うレーザとしているが、半導体レーザ装置は、必ずしも基本横モードのみでのレーザ発振を必要としない大出力半導体レーザであってもよく、この場合も、本実施の形態3のキャリア注入密度分布を調整することによって利得の飽和が緩和さ

れ、より大出力の半導体レーザを実現することができる。

[0170] またさらに、本実施の形態3では、半導体レーザ装置のストライプ状リッジ部を平面テーパ形状として、光出射側端面近傍における光パワー密度を低減化したものを示したが、ストライプ状リッジ部の平面形状をテーパ形状とする代わりに、ストライプ状リッジ部の上に配置される複数の分割された電極部の一部、または全てを平面テーパ形状にしてもよい。

[0171] 例えば、図6(a)は、ストライプ状リッジ部の上に配置される複数の分割された電極部の一部を平面テーパ形状にした半導体レーザ装置30aを示している。

[0172] この半導体レーザ装置30aでは、ストライプ状リッジ部107aの上に配置されるp電極115bは3分割されており、光出射端面側に位置する電極部1b、及びこの隣の電極部2bは、光出射端面6側でのストライプ幅がその反対側の端面5側でのストライプ幅より広い平面テーパ形状としている。また、光出射端面6側と反対側の端面5に近接して位置する電極部3bは、横長の長方形形状となっている。ここでは、光出射端面6側に最も近い電極部1bの、光出射端面6側でのストライプ幅は、これに隣接する電極部2aの光出射端面6側でのストライプ幅より広くなっている。なお、この半導体レーザ装置30aは、レーザ素子の断面構造は、図1に示す実施の形態1のものと同一である。

[0173] また、図6(b)は、ストライプ状リッジ部の上に配置される分割された複数の電極部をすべて平面テーパ形状にした半導体レーザ装置30bを示している。

[0174] この半導体レーザ装置30bでは、ストライプ状リッジ部107aの上に配置されるp電極115cは3分割されており、各電極部1c～3cは、光出射端面6側でのストライプ幅がその反対側の端面5側でのストライプ幅より広い平面テーパ形状としている。なお、この半導体レーザ装置30bは、レーザ素子の断面構造は、図1に示す実施の形態1のものと同一である。

[0175] このように半導体レーザのストライプ状リッジ部上に配置される分割された複数の電極部の少なくとも一部の電極部を平面テーパ形状とすることで、光出射側端面部に近づくほど増大する光のパワー密度に合わせて、各電極部に注入される電流を制御することができ、注入キャリア密度分布と光パワー密度分布のミスマッチを改善する

ことができる。この結果、キャリアロスの低減化を図ることができ、高効率化の半導体レーザ装置を実現することができる。

[0176] また、上記各実施の形態では、ストライプ状リッジ部は、共振器長方向の抵抗値の分布が均一なものとしているが、このストライプ状リッジ部の上面部に、共振器軸方向に沿って抵抗値を変化させた抵抗層を形成してもよい。この場合、抵抗層の抵抗値を、共振器の前方端面側で小さく、その後方端面側で大きくすることで、活性層内のキャリア密度分布を、活性層内の光強度分布により適したものとすることができる。

[0177] (実施の形態4)

図7は、本発明の実施の形態4による半導体レーザ装置を説明する図である。

[0178] この実施の形態4の半導体レーザ装置40は、大画面レーザディスプレイに要求される数Wの大出力が得られるよう、1つの共通半導体基板上に40個のレーザ素子LD-1～LD-n(n=40)を集積化してなるマルチストライプ構造のレーザチップであり、各レーザ素子LD-1～LD-nは、図2(a)に示す実施の形態1の半導体レーザ装置10と同一の構成となっている。また、この半導体レーザ装置40の半導体基板上には、隣接する半導体レーザ素子を分離する分離抵抗部(図示していない)が形成されている。この分離抵抗部は、隣接するレーザ素子間の部分をエッチングして形成された溝であり、隣接するレーザ素子の電極間の抵抗を高めるものである。溝の深さは、活性層に導波する光に影響を与えない程度の深さであり、光量ロスが増えて効率が低下してしまうのを防止している。

[0179] ここで、上記共通半導体基板には、実施の形態1と同様、n型GaN基板が用いられ、該n型GaN基板上に、n型AlGaNクラッド層、n型GaN光ガイド層、InGaNを含む多重量子井戸構造を有する活性層、アンドープGaNキャップ層、p型GaN光ガイド層、及びp型AlGaNクラッド層が順次積層されている。

[0180] そして、上記共通半導体基板及び上記複数の半導体層からなる半導体層積層体10d上部には、各レーザ素子LD-1～LD-nを構成するストライプ状リッジ部107a1～107anが形成されている。ここで、上記レーザチップを構成する活性層104dの、各ストライプ状リッジ部107a1～107anに対向する部分が、各レーザ素子の共振器とな

っており、各レーザ素子LD-1～LD-nからはレーザ光LB-1～LB-nが出射される。なお、各ストライプ状リッジ部の幅は50 μ mであり、また、各レーザ素子の幅は300 μ mである。したがって、この半導体レーザチップの幅、つまり共振器幅方向の寸法は、1.2mmである。

[0181] 次に作用効果について説明する。

100インチクラスの大画面をレーザの照射により実現するには、光源特性として数Wの出力が必要となる。また、フルカラー出力を得るために赤、青、緑の波長領域のレーザのそれぞれについて数Wクラスのものをそろえる必要がある。しかしながら、単一ストライプ構造の半導体レーザでは、Wクラスの出力を得るのは難しい。

[0182] これに対し、本実施の形態4の半導体レーザ装置40は、マルチストライプ構造を用いることにより数W出力を実現したものである。

[0183] 本実施の形態4の半導体レーザチップ40では、1ストライプあたりの出力、つまり1つの半導体レーザ素子の出力は、100mW程度であり、1チップで4Wの出力が可能となっている。また、各レーザ素子は、実施の形態1の半導体レーザ装置と同様、ストライプ状リッジ部の上に配置されるp電極を4分割した構造となっており、このような分割電極構造により高出力特性を改善しており、以下に簡単に説明する。

[0184] まず、分割電極構造を用いることで、高出力時においてもキックの発生やホールパーティングによる出力の不安定性等が発生せず、安定な出力を得ることができ、また、ディスプレイへの応用に必要不可欠なスペックルノイズの低減に必要な高周波重畠を低電力で印加可能となる。

[0185] また、上記実施の形態1で示したように、分離抵抗部を利用して複数の電極部の一部に周波数の異なる高周波信号を印加するようにすることで、比較的少ない高周波電力でコヒーレンスの低減化が可能となり、スペックルノイズを低減することができる。特に、大出力半導体レーザの場合、該半導体レーザ全体に印加する電流は膨大となり、注入電流全体に高周波信号を印加することは電力量から考えて不可能であるが、上記のようにp電極を分割電極構造にすることで、高周波信号の電力量を大幅に低減することができ、Wクラスの半導体レーザにおいてもスペックルノイズの低減化が可能となる。

[0186] また、本実施の形態4の半導体レーザチップは、以下に示す方法を用いることで、より高効率化することができる。

[0187] まず、各レーザ素子において、印加される高周波信号の周波数、電力量、電極位置、電極形状、ストライプ幅といった種々のパラメータの少なくとも何れかを異なる値に設定するようにすることにより、各レーザ素子から出射されるレーザ光が異なった波長を有することとなり、半導体レーザ装置から出力されるレーザスペクトル全体が大きく広がることになる。この結果、レーザ光のコヒーレンスが大幅に低減し、スペックルノイズを大幅に低減することが可能となる。

[0188] また、各レーザ素子のストライプ状リッジ部の平面形状を、上記実施の形態3に示したテーパ形状とすることで、光パワー密度の過度な集中を防止することが可能となり、各レーザ素子のさらなる高出力化を図ることができる。この結果、マルチストライプレーザのより一層の高出力化を図ることができる。このようなレーザチップを構成する各レーザ素子の高出力化は、より少ないレーザ素子による同一出力のレーザチップの実現を可能とし、歩留まりの向上や低コスト化に有効なものである。

[0189] このように本実施の形態4では、実施の形態1の半導体レーザ装置と同一の素子構造を有するレーザ素子を、同一基板上に集積化してマルチストライプ構造のレーザチップを構成したので、単一ストライプ構造の半導体レーザでは実現しにくい、ワットクラスの大出力を実現することができ、これによりレーザディスプレイの光源として使用できる半導体レーザを実現できる。

[0190] また、レーザチップを構成するそれぞれのレーザ素子の電極を分割電極構造としているので、各レーザ素子における注入電流密度分布を光強度分布に適したものとして、安定した出力を得ることができ、また、高周波信号の重畠を一部の電極部に対してのみ行うことで、低電力の高周波重畠でスペックルノイズの低減が可能となる。

[0191] また、各レーザ素子の特性を決定するパラメータを、各レーザ素子毎に異なる値とすることにより、スペックルノイズを大幅に低減させることができとなる。

[0192] さらに、各レーザ素子におけるストライプ状リッジ部を平面テーパ形状とすることで、活性層内での光強度分布を均一なものとして各レーザ素子のさらなる高出力化を実現することも可能である。

[0193] (実施の形態5)

この実施の形態5では、上記実施の形態1ないし4のいずれかによる半導体レーザ装置を用いたレーザ投射装置の一種であるレーザディスプレイについて述べる。

[0194] レーザディスプレイは、RGB光源と投射光学系からなり、レーザ光源からの光を投射光学系によりスクリーン等へ投射することで、フルカラーの映像を投射するものである。このようなレーザディスプレイとしては、外部のスクリーンや壁などに投射してその反射光を見るタイプと、スクリーンの背面から光を照射してその透過光を見るタイプとに分類されるが、いずれの場合にも、スクリーン等で散乱された光によって色を認識する。

[0195] 図8は、本発明の実施の形態5によるレーザディスプレイの一例を示す。

[0196] 図8に示すレーザディスプレイ50は、RGB3色のレーザ光を出射するレーザ光源201a～201cと、光を拡散する拡散板206a～206cと、上記レーザ光源201a～201cから出力された各レーザ光を上記拡散板206a～206cに照射する光学系とを有している。上記レーザディスプレイ50は、上記各拡散板206a～206cを揺動する拡散板揺動部208a～208cと、上記拡散板206a～206cで拡散された上記各レーザ光源201a～201cからの光を変調する空間光変調素子207a～207cとを有している。上記レーザディスプレイ50は、上記各空間光変調素子207a～207cを通過した光を合波するダイクロイックプリズム209と、上記ダイクロイックプリズム209により合波された光をスクリーン211上に拡大投写する投写レンズ210とを有している。

[0197] ここで、上記レーザ光源201aは、赤色レーザ光を出射する赤色レーザ光源であり、図2(a)に示す実施の形態1の半導体レーザ装置10と同一の素子構造を有している。この赤色レーザ光源201aに対応する光学系は、上記レーザ光源201aから出射された光を拡大するビームエキスパンダ202aと、上記ビームエキスパンダ202aにより拡大された光の面内強度分布を均一化する光インテグレータ203aとを有している。また、この光学系は、上記光インテグレータ203aからの光を集光する集光レンズ204aと、上記集光レンズ204aにより集光された光を反射するミラー212aと、該ミラー212aからの反射光を収束ビームに変換して拡散板206aに照射するフィールドレンズ205aとを有している。なお、赤色レーザ光源201aは、図2(b)に示す高周波電源23ある

いは24に相当する高周波電源225aを接続することで、発振スペクトルを広げたものとなっている。

[0198] 上記レーザ光源201bは、緑色レーザ光を出射する緑色レーザ光源であり、この緑色レーザ光源201bに対応する光学系は、上記レーザ光源201bから出射された光を拡大するビームエキスパンダ202bと、上記ビームエキスパンダ202bにより拡大された光の断面強度分布を均一化する光インテグレータ203bとを有している。また、この光学系は、上記光インテグレータ203bからの光を集光する集光レンズ204bと、上記集光レンズ204bにより集光された光を収束ビームに変換して拡散板206bに照射するフィールドレンズ205bとを有している。

[0199] 上記レーザ光源201cは、青色レーザ光を出射する青色レーザ光源であり、図2(a)に示す実施の形態1の半導体レーザ装置10と同一の素子構造を有している。この青色レーザ光源1cに対応する光学系は、上記レーザ光源201cから出射された光を拡大するビームエキスパンダ202cと、上記ビームエキスパンダ202cにより拡大された光の断面強度分布を均一化する光インテグレータ203cとを有している。また、この光学系は、上記光インテグレータ203cにより拡大投影された光を集光する集光レンズ204cと、上記集光レンズ204cにより集光された光を反射するミラー212cと、該ミラーからの反射光を収束ビームに変換して拡散板206cに照射するフィールドレンズ205cとを有している。なお、青色レーザ光源201cは、図2(b)に示す高周波電源23あるいは24に相当する高周波電源225cに接続することで、発振スペクトルを広げたものとなっている。

[0200] 次に作用効果について説明する。

まず、レーザディスプレイ50の動作について説明する。

[0201] 上記赤色、緑色、青色レーザ光源201a、201b、201cからのレーザ光は、それぞれビームエキスパンダ202a、202b、202cで拡大されて光インテグレータ203a、203b、203cを通過し、それぞれ集光レンズ204a、204b、204cに入射する。集光レンズ204a及び204cで集光された赤色及び青色レーザ光は、ミラー215aおよび215cにより光路を90度曲げられた後、フィールドレンズ205a及び205cを通過して拡散板206a及び206cに入射する。また、集光レンズ204bで集光された緑色レーザ光は、

フィールドレンズ205bを通過して拡散板206bに入射する。各拡散板206a, 206b, 206cは、拡散板揺動部213a, 213b, 213cにて揺動している。そして、拡散板206a, 206b, 206cを通過した各レーザ光は、空間光変調素子207a, 207b, 207c上に照射される。

- [0202] このとき、空間光変調素子207a, 207b, 207c上での照度分布は、各空間光変調素子に入射する赤色、緑色、青色の各レーザ光がインテグレータ203a, 203b, 203cを通過したものであることから、均一なものとなっている。
- [0203] 空間光変調素子207a, 207b, 207cでは赤色、緑色、青色の各レーザ光がそれぞれ独立に変調され、変調された各レーザ光はダイクロイックプリズム209で合波され、投写レンズ210にて拡大投射されてスクリーン211上に結像される。
- [0204] スクリーンに投写された像は、拡散板206a, 206b, 206cの揺動により、スペックルノイズが時間平均されて抑圧されたものとなっている。
次に、本実施の形態5のレーザディスプレイの特長について説明する。
- [0205] 従来のレーザディスプレイでは、コヒーレンスの高い半導体レーザを利用する場合、スクリーンで散乱された光が干渉してスペックルノイズを発生する。スペックルノイズを低減する有効な方法は、レーザ光のコヒーレンスを低減することである。レーザ光のコヒーレンス低減には、縦モードをマルチモード化するのが有効である。特に、縦モードのスペクトル幅を拡大することで、スペックルノイズを大幅に低減することができる。
- [0206] 本実施の形態5のレーザディスプレイに使用される半導体レーザ装置は、上記実施の形態1で説明したように、複数に分割した電極部の一部のものに高周波信号を重畳することにより、スペクトル幅を拡大し、コヒーレンスを低減することが可能となる。スペックルノイズを低減するには、縦モードスペクトルを波長で1nm以上、さらに望ましくは5nm程度以上に拡大することが必要とされる。縦モードスペクトルの拡大には、前述したように、分割した複数の電極部の一部のものに高周波信号を重畳する高周波重畳方法を利用することで実現することができるが、ストライプ幅の大きなワイドストライプのレーザ構造に適用することで、さらにスペクトルの拡大範囲を大きくすることができます。また、異なる電極部に異なる周波数の高周波を印加することにより、あるいは

はマルチストライプレーザを用いることにより、スペクトルのさらなる拡大が可能となる。

[0207] ところで、レーザディスプレイの波長と視感度との関係より、RGB光源の発振波長が重要となる。視感度の影響により、使用する波長と必要な光強度が決まる。また色度の影響で、波長と色再現性の広さが決定される。

[0208] 図9は、青色光源の波長と必要な出力との関係を表したものである。ここでは、赤色の波長を640nm、緑色は532nmに固定したとき、1000lmの明るさを実現するための、青色の波長と必要な出力との関係を示している。

[0209] 青色光は、波長が430nm以下になると視感度が低下するため、必要パワーが急増する。また、460nm以上になると緑色の領域に近づくため、表現可能な色範囲が狭くなると同時にホワイトバランスを実現するための必要パワーが増大する。同時に赤色のパワーも増大する結果となる。

[0210] 一方、GaN系半導体による青色レーザは、通常410nm近傍で高出力レーザが実現されている。この波長を長波長側にシフトさせるにはInの添加量を増大させる必要があるが、Inの添加量を増大させると結晶品質が悪くなり、信頼性、高出力特性が劣化する。そのため、GaN系材料を用いた青色レーザでは、波長を455nm以下に設定することが望まれる。また、色再現性の観点からも波長が短い青色光源を用いる方が青色領域において表現可能な色の範囲が広がるため、好ましい。

[0211] 以上の観点より、青色レーザの波長領域としては、430nm～455nmが好ましい。さらに好ましくは440～450nmが望まれる。この場合、必要パワーの低減による低消費電力化と高い色再現性を実現できる。

[0212] また、出力光強度としては、80インチ以上の大型の映像を実現するには、数Wの出力が必要である。この場合、レーザの構造としては、高出力化が可能なワイドストライプレーザ構造、または、アレイ構造が望ましい。高出力かつ信頼性の高い構造を実現するには、ワイドストライプが有効である。レーザディスプレイは回折限界の集光特性を必要としないため、シングルモード性は縦モード、横モードともに必要としない。このため、光ディスクや光通信等に利用されている横モードシングルの導波特性を要求しない。従って、高出力化が容易なワイドストライプ構造により、高出力化、歩留まり向上、信頼性向上を実現することができる。

[0213] このように本実施の形態5では、レーザディスプレイの光源として光出射端面での光反射率とその反対側の端面での光反射率とが異なる半導体レーザを用い、該半導体レーザのストライプ状リッジ部上に配置される電極を、複数に分割した分割電極構造とし、分割された各電極部には、光出射端面側に近い電極部に対応する注入電流の密度ほど高くなるよう駆動電圧を印加するので、レーザディスプレイの光源として、安定した横モードでレーザ発振を行うことができ、しかも高い信頼性のものを得ることができる。

[0214] また、本実施の形態5のレーザディスプレイでは、分割した複数の電極部の一部のものに高周波信号を重畠することにより、スペクトル幅を拡大してスペックルノイズを低減することができ、さらに、光源である半導体レーザを、異なる電極部に異なる周波数の高周波を印加する構成としたり、マルチストライプレーザとしたりすることで、さらなるスペクトル幅の拡大を実現することができる。

産業上の利用可能性

[0215] 本発明の半導体レーザ装置は、共振器長方向における光パワー密度分布の偏りによって軸方向ホールバーニングによる横モードの不安定化や利得の低下が生じて高出力特性が劣化するのを防止することができるもので、高出力な半導体レーザを必要とする光記録装置、光ディスプレイ装置等の光源として有用であり、またその他、レーザ加工、医用等への応用にも有用なものである。

請求の範囲

[1] 半導体基板上に、リッジ型クラッド層を有する半導体レーザ素子を備えた半導体レーザ装置において、
上記半導体レーザ素子は、
キャリアの注入によりレーザ発振を行う、前方端面と後方端面とで反射率が異なる
共振器と、
該共振器の共振器軸方向に延びる、該共振器にキャリアを注入するためのストライ
プ構造と、
該ストライプ構造の上部に配置された電極とを備えたものであり、
上記ストライプ構造上の電極は、共振器軸方向に沿って複数の電極部が並ぶよう2
以上に分割されており、
上記複数の電極部のうち、レーザ光が射出される共振器の前方端面近傍に位置す
る電極部には、上記共振器の後方端面近傍に位置する電極部に比べて活性層内で
大きな電流密度となるよう電流が注入される、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[2] 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、
上記半導体レーザ素子の横モードスペクトルは、マルチモードである、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[3] 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、
上記半導体レーザ素子は、上記共振器の端面近傍に位置する窓領域を有する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[4] 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、
上記複数の電極部の少なくとも一つに、高周波重畠された電圧を印加する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[5] 請求項4に記載の半導体レーザ装置において、
上記共振器の後方端面近傍に位置する電極部に、上記高周波重畠された電圧を
印加する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[6] 請求項4に記載の半導体レーザ装置において、
上記共振器の前方端面近傍に位置する電極部に、上記高周波重畠された電圧を
印加する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[7] 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、
上記複数の電極部の少なくとも一つに、変調された電流を印加する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[8] 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、
上記ストライプ構造は、レーザ光が出射される共振器の前方端面でのストライプ幅
が、その反対側に位置する後方端面でのストライプ幅よりも広いテーパ状を有する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[9] 請求項8に記載の半導体レーザ装置において、
上記ストライプ構造は、
共振器長をL、前方端面におけるストライプ幅をWf、後方端面におけるストライプ幅
をWr、前方端面からの距離がxとなる位置におけるストライプ幅をWxとすると、
$$Wx = Wf - (Wf - Wr) \cdot x / L$$

の関係が成り立つよう形成されている、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[10] 請求項9に記載の半導体レーザ装置において、
上記ストライプ構造は、
上記前方端面でのストライプの幅と後方端面でのストライプの幅の比が、
$$1 < (\text{前方端面でのストライプの幅}) / (\text{後方端面でのストライプの幅}) < 2$$

の関係を満たす平面形状を持つよう形成されている、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[11] 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、
上記複数の電極部のうちの少なくとも一つの電極部は、その上記前方端面側の幅
と上記後方端面側の幅とが異なるテーパ形状とした、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[12] 請求項11に記載の半導体レーザ装置において、
上記複数の電極部のうちの前方端面側に近い電極部を、その上記前方端面側の
幅と上記後方端面側の幅とが異なるテーパ形状とした、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[13] 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、
上記複数の電極部のそれぞれを、その上記前方端面側の幅とその上記後方端面
側の幅とが異なるテーパ形状とした、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[14] 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、
上記ストライプ構造は、その上部に形成された抵抗層を有し、
該抵抗層は、レーザ光が出射される上記共振器の前方端面から後方端面にかけて
、抵抗値が変化している、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[15] 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、
上記半導体レーザ素子が上記半導体基板上に複数集積化されており、
該半導体基板上には、隣接する半導体レーザ素子を分離する分離抵抗部が形成
されている、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[16] 請求項15記載の半導体レーザ装置において、
上記複数の半導体レーザ素子のうちの少なくとも1つは、他の半導体レーザ素子と
は異なる波長でレーザ光を発振する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[17] 請求項15記載の半導体レーザ装置において、
上記複数の半導体レーザ素子のうちの少なくとも1つは、他の半導体レーザ素子と
は異なる注入電流で駆動する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[18] 請求項15記載の半導体レーザ装置において、
上記複数の半導体レーザ素子のうちの少なくとも1つは、そのストライプ構造の幅が

他の半導体レーザ素子のストライプ構造の幅と異なっている、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

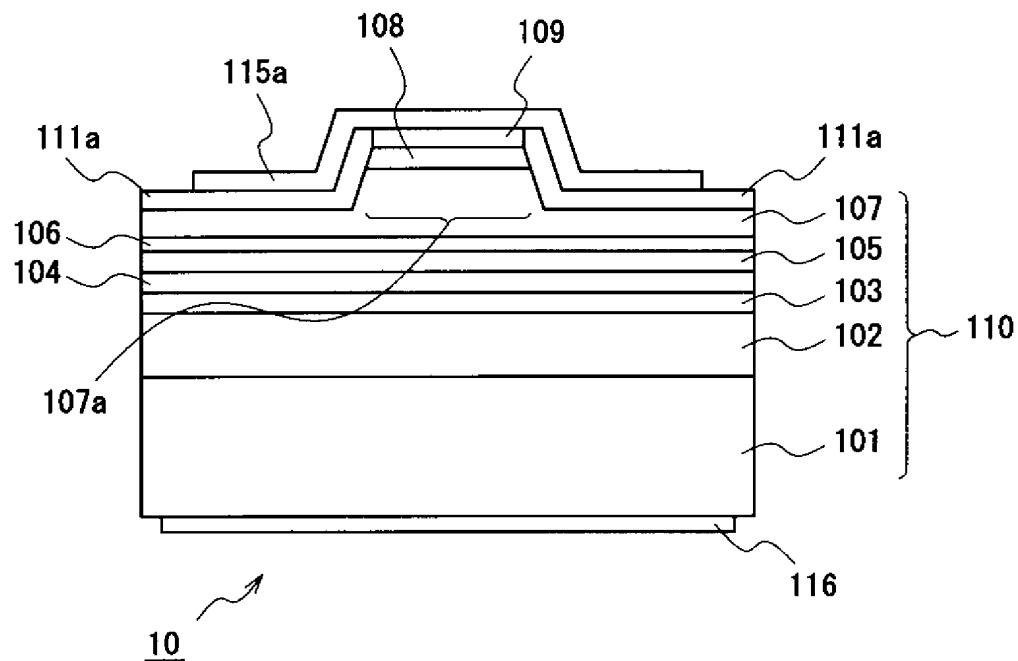
[19] 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、
上記半導体レーザ素子から出射されるレーザ光の発振波長は、430～455nmで
ある、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[20] 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、
上記半導体レーザ素子は、縦モードスペクトルがマルチモードであるレーザ光を出
射する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

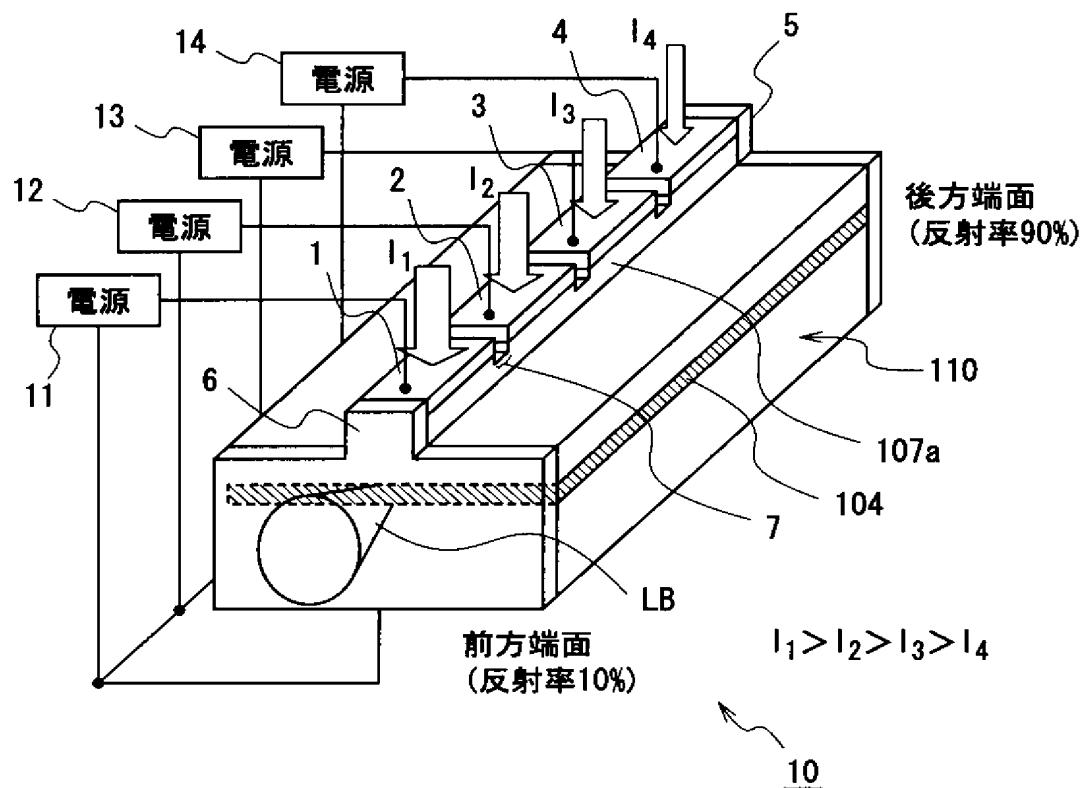
[21] 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、
上記半導体レーザ素子は、縦モードスペクトルの幅が1nm以上広がっているレ
ーザ光を出射する、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

[22] レーザ光を出射する半導体レーザ装置と、該半導体レーザ装置から出射されたレ
ーザ光を投射する光学系とを備えたレーザ投射装置であって、
上記半導体レーザ装置は、請求項1に記載の半導体レーザ装置である、
ことを特徴とするレーザ投射装置。

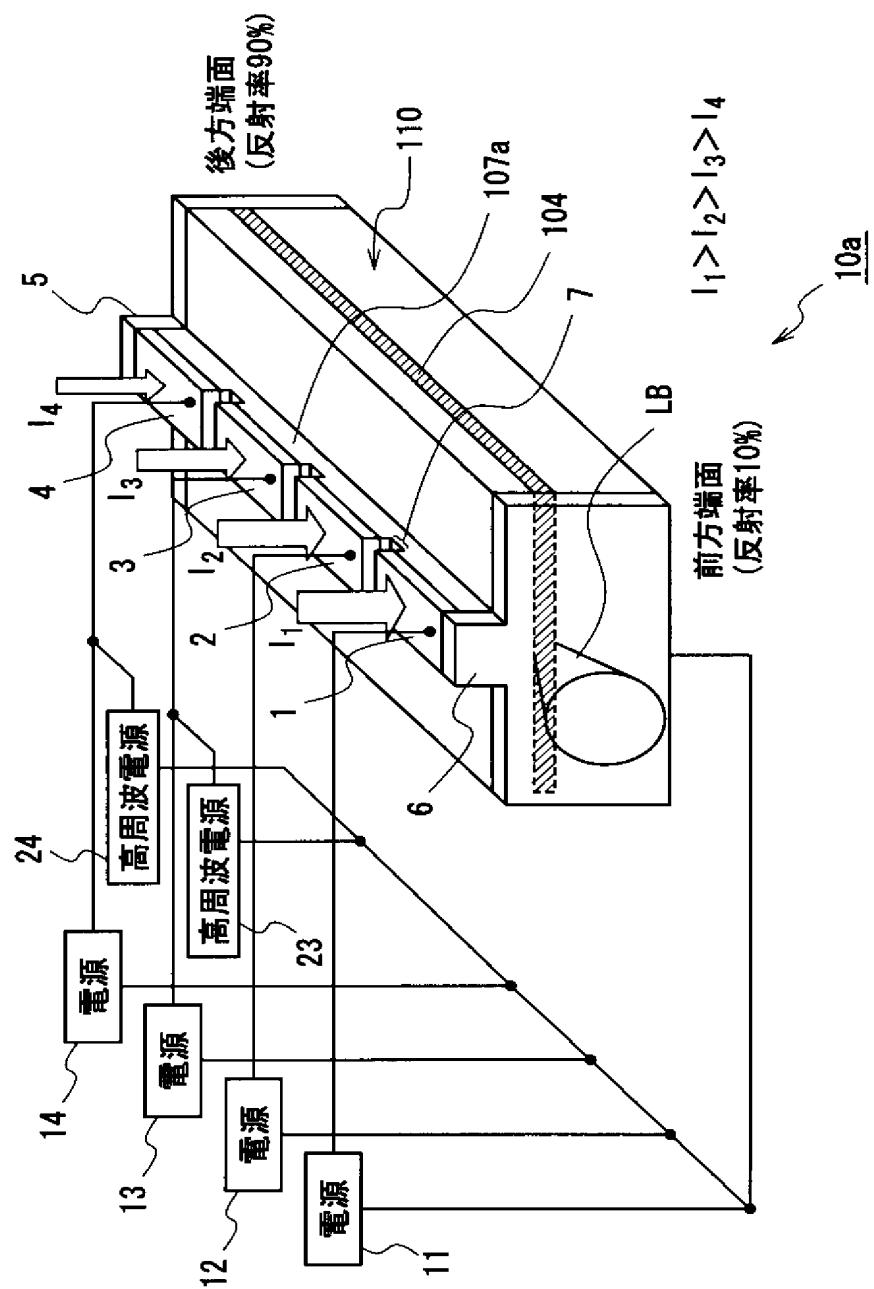
[図1]



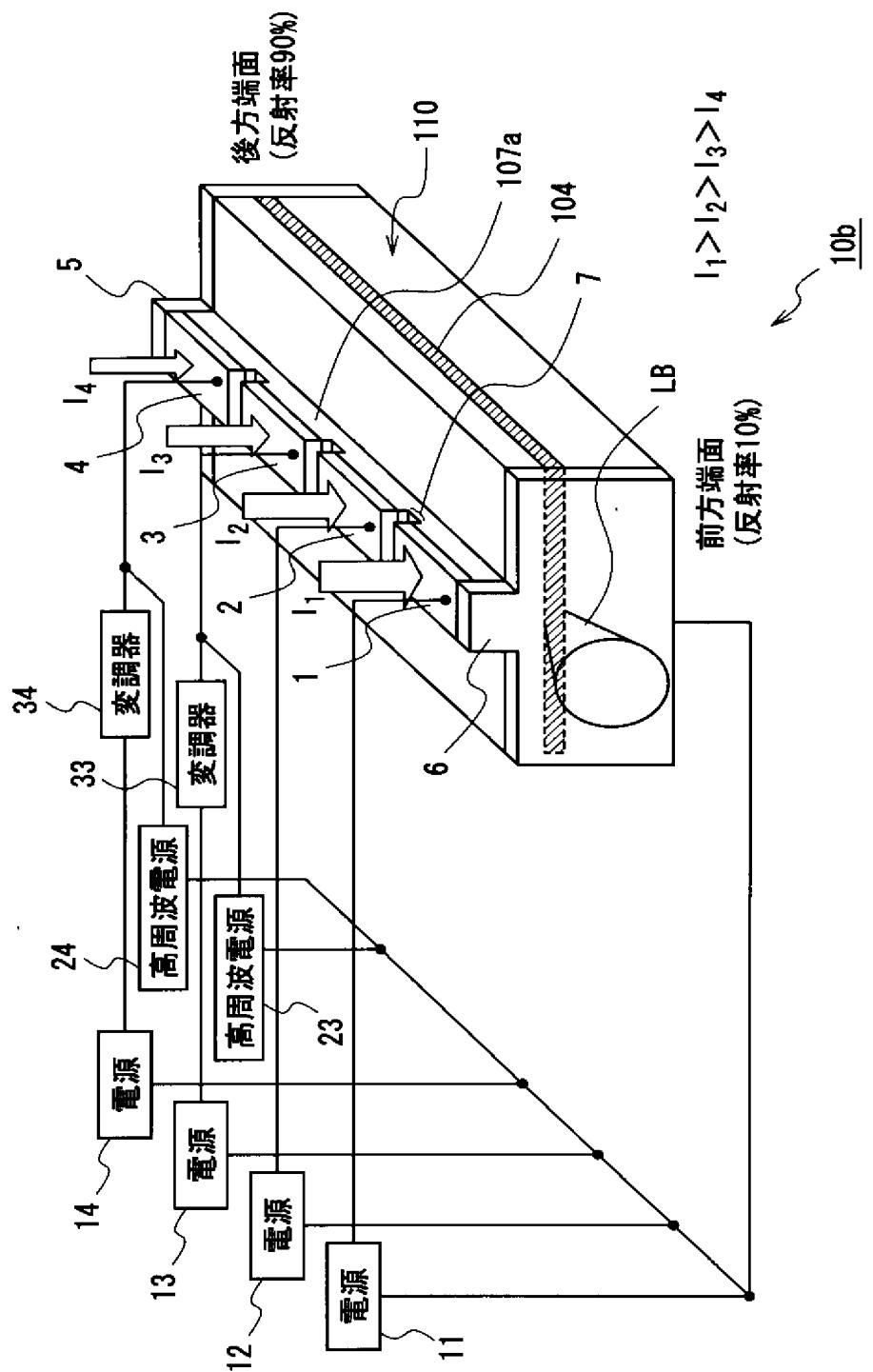
[図2(a)]



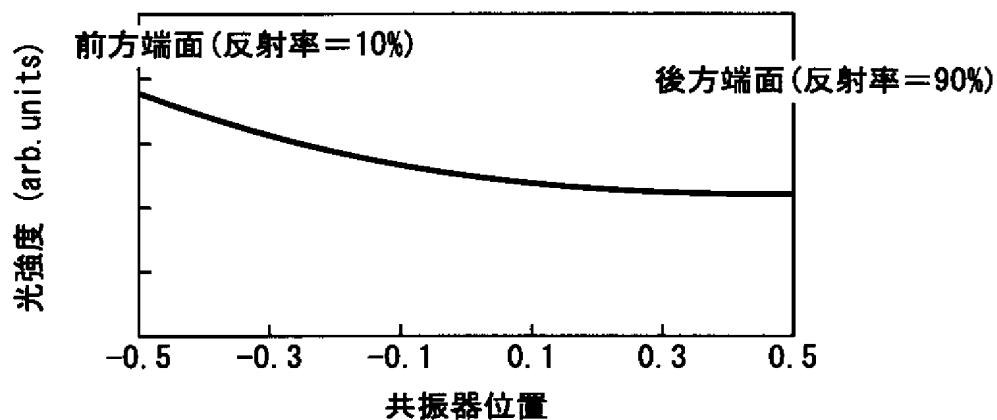
[図2(b)]



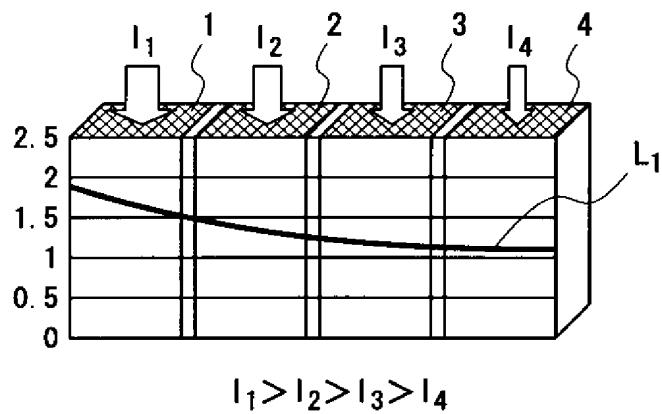
[図2(c)]



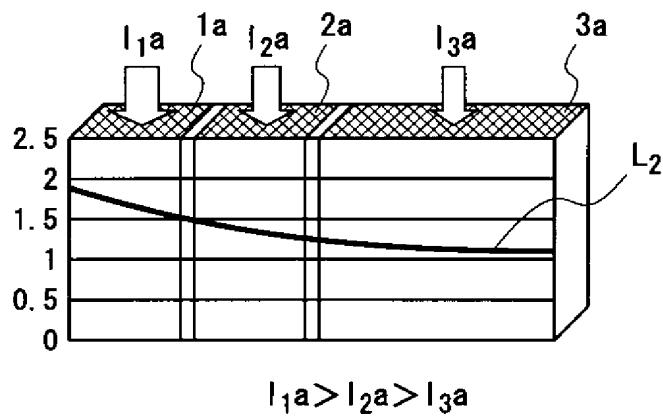
[図3(a)]



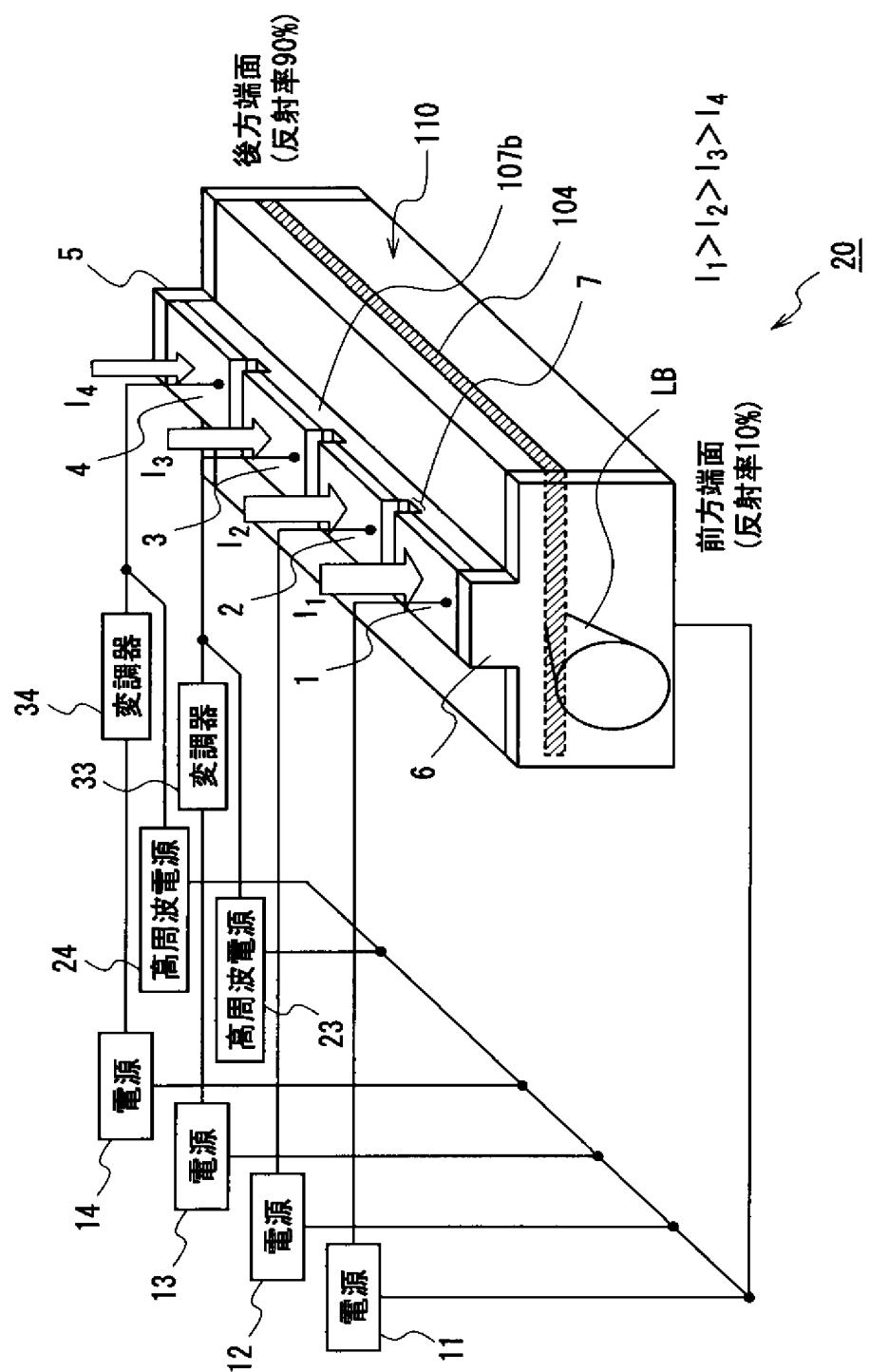
[図3(b)]



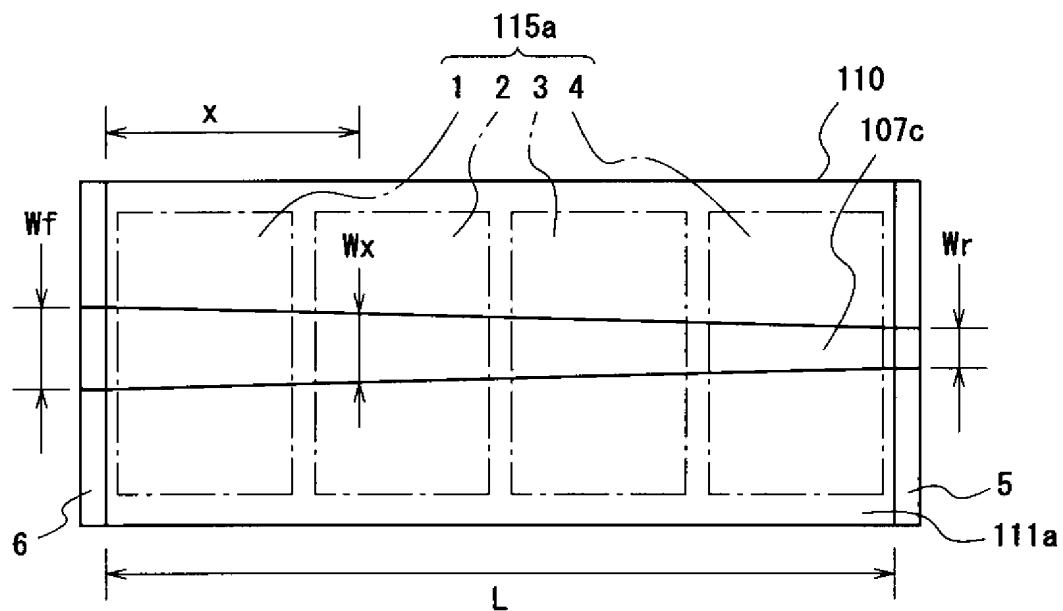
[図3(c)]



[図4]

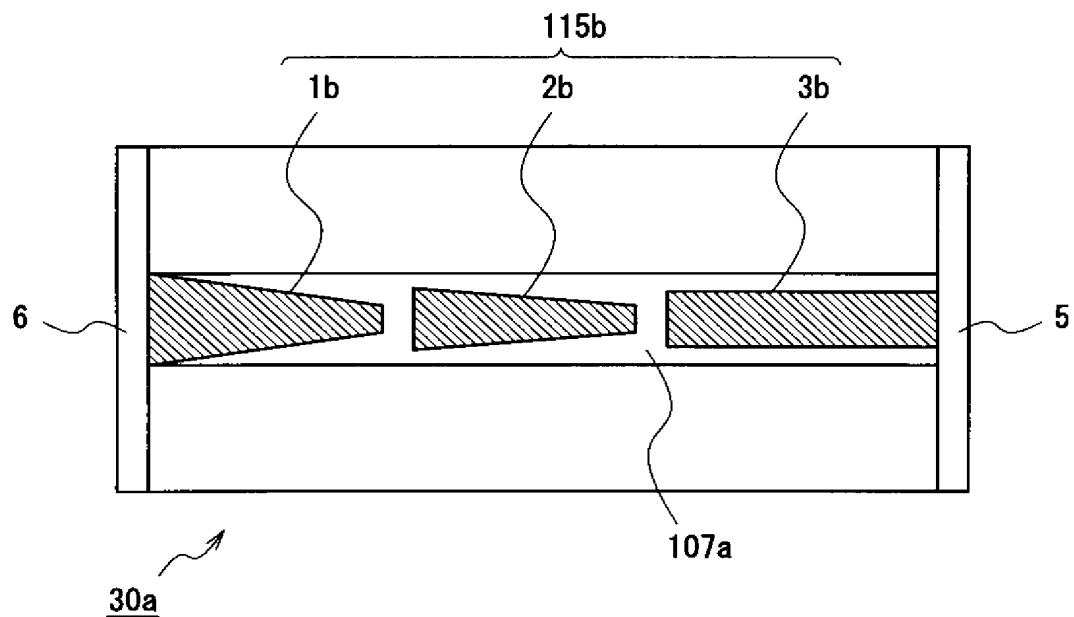


[図5]

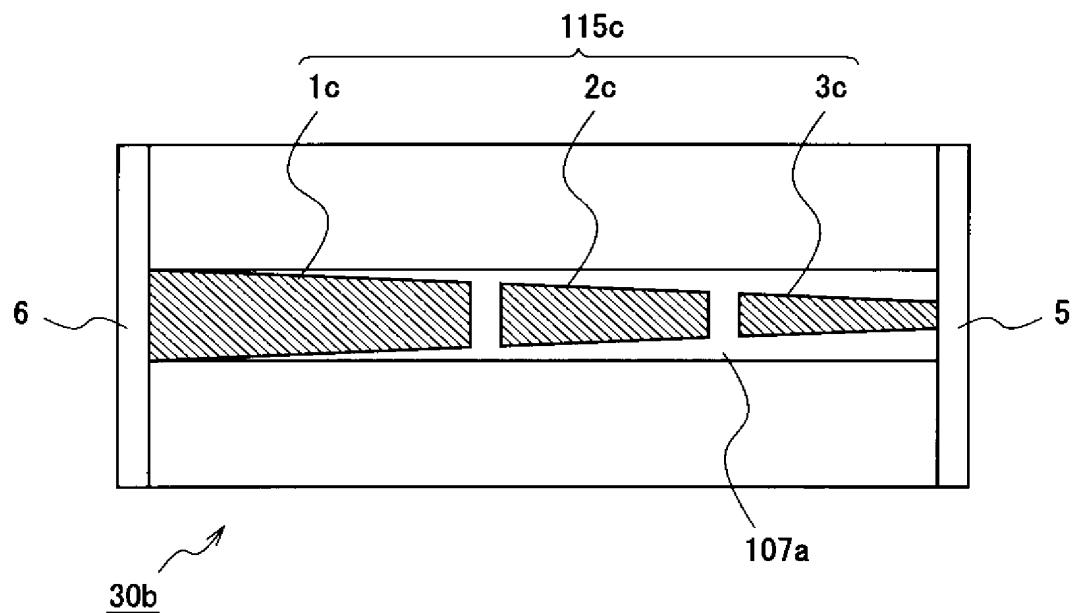


30

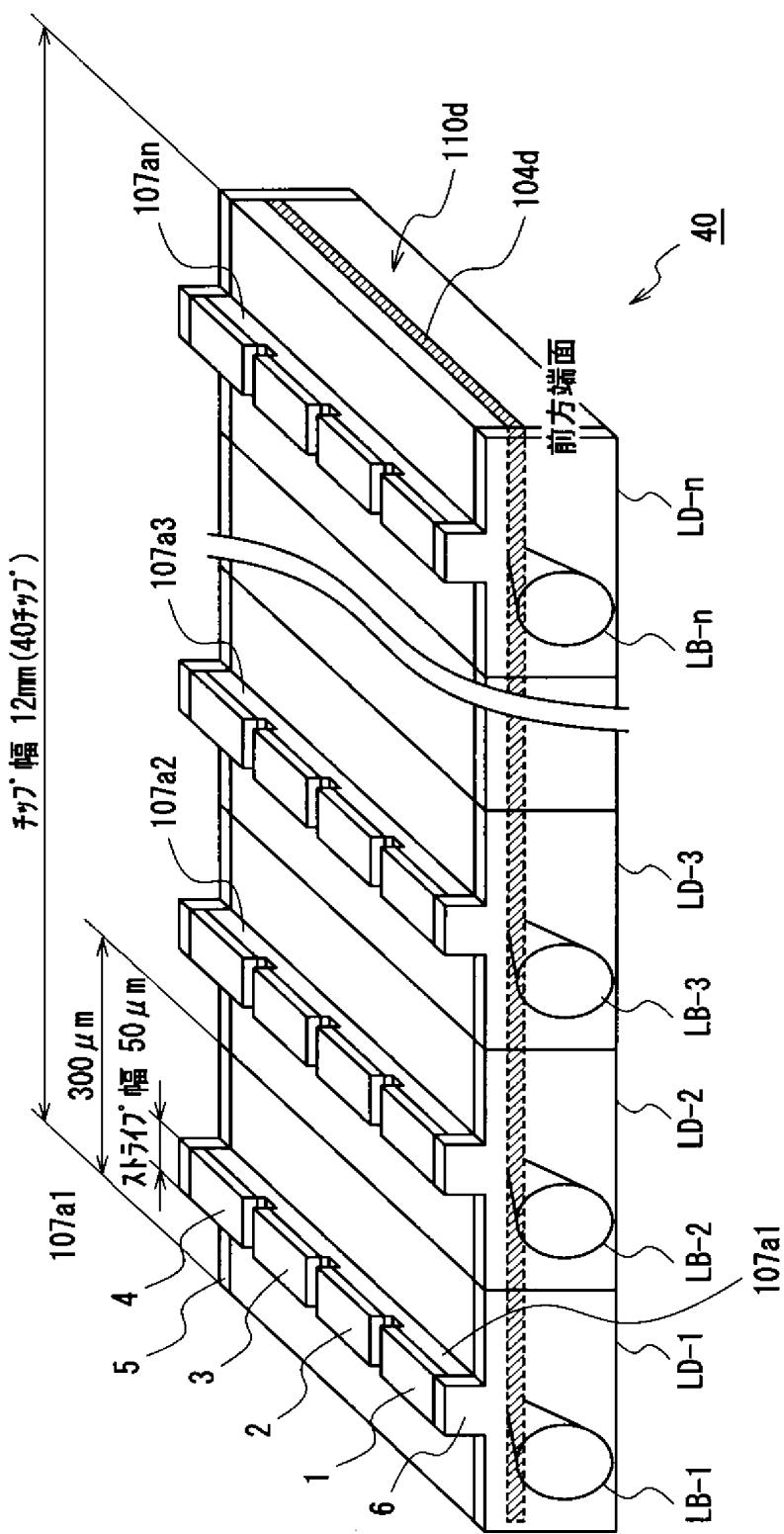
[図6(a)]



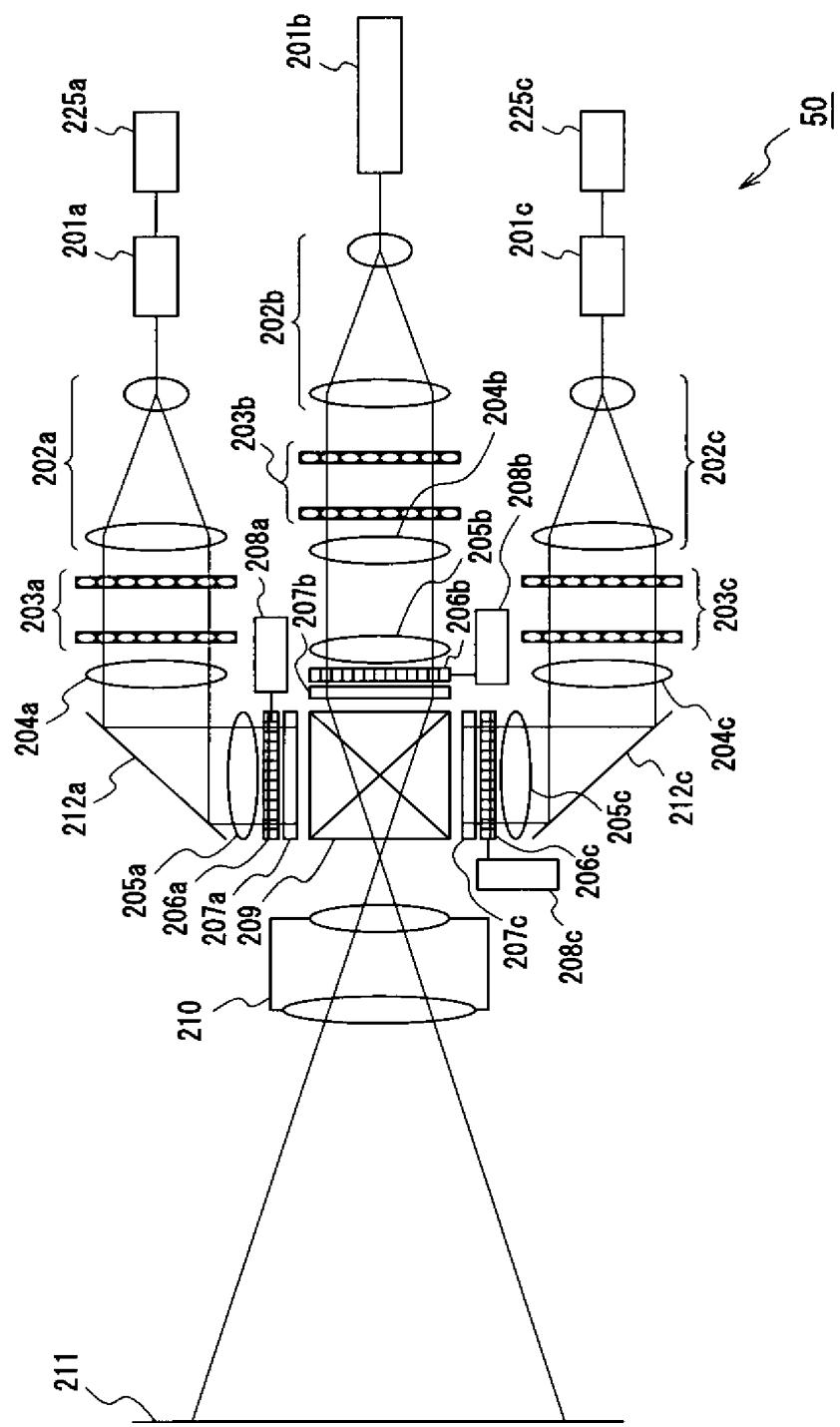
[図6(b)]



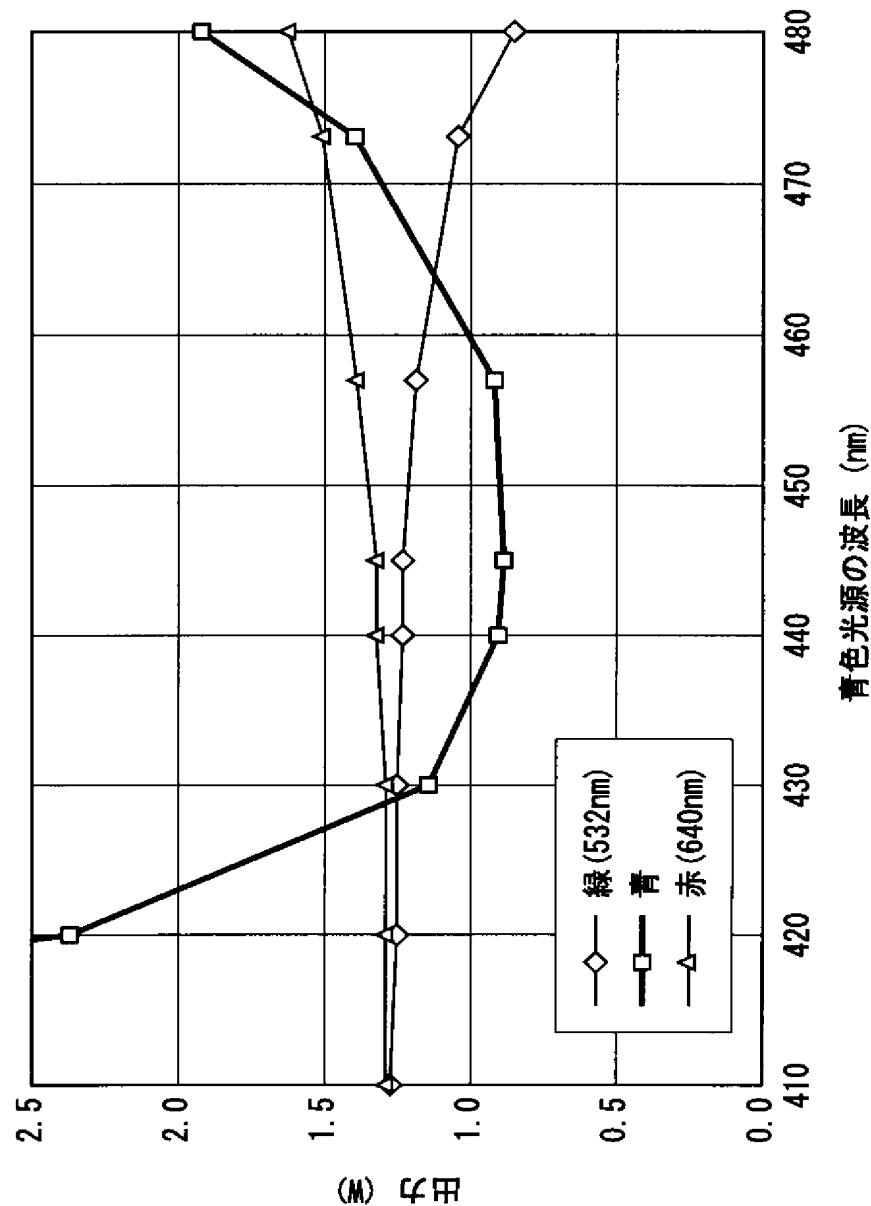
[図7]



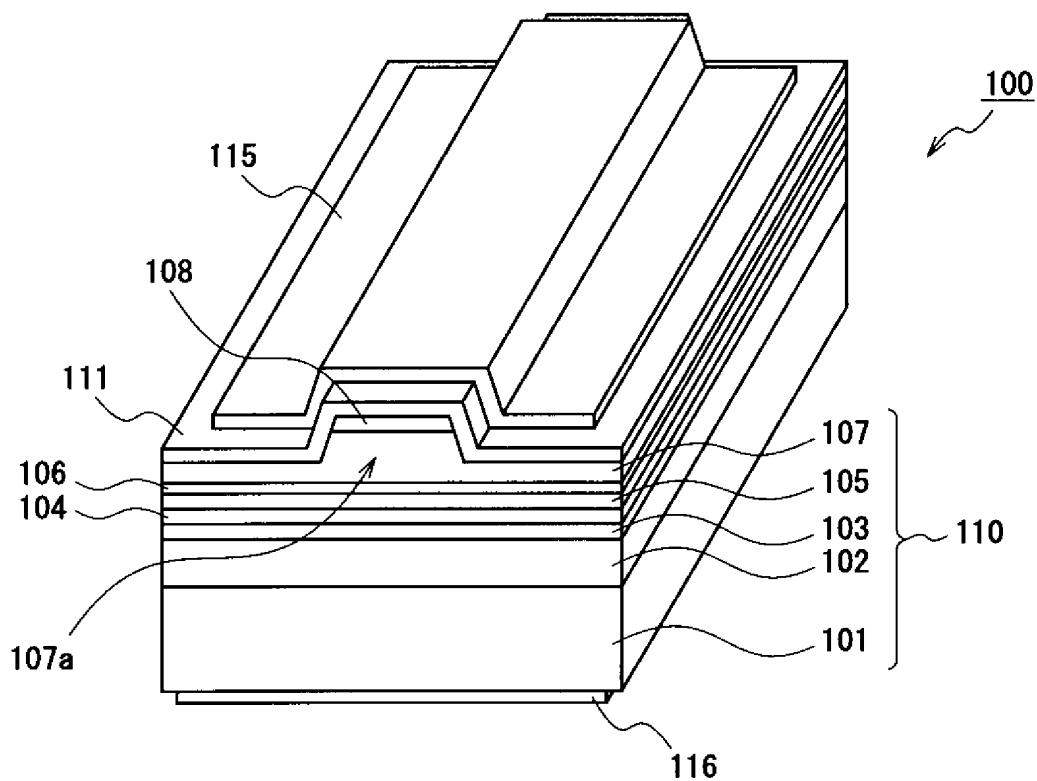
[図8]



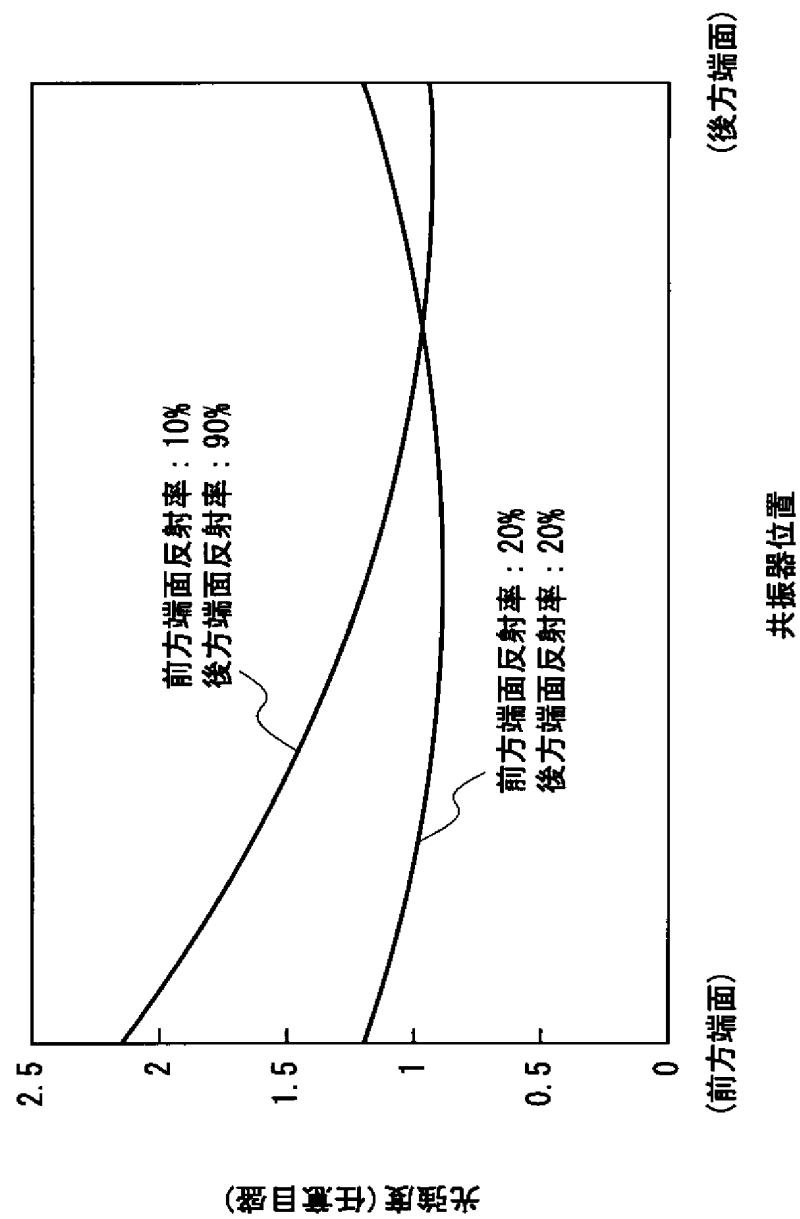
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019123

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01S5/062

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01S5/00-5/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

Elsevier, IEEE/IEE Electronic Library

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 03-174791 A (Fujitsu Ltd.), 29 July, 1991 (29.07.91), Page 5, lower right column to page 6, upper right column; Fig. 23 & US 5358898 A column 4, lines 12 to 58; Fig. 3 & JP 2966485 B & US 5170402 A & EP 409487 A3 & DE 69033405 D & DE 69033405 T & CA 2021140 A & CA 2131362 A & KR 9407603 B	1-2, 7, 19 3-6, 15-18, 20-21
X	WELCH D.F. et al., "1.1 W CW, Diffraction- limited operation of a monolithically integrated flared-amplifier master oscillator power amplifier" In: ELECTRONICS LETTERS 28(21), 08 October, 1992 (08.10.92), pages 2011 to 2013	1-2, 7-8, 19 11-12, 15-18, 20-22
Y		

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 March, 2005 (29.03.05)Date of mailing of the international search report
19 April, 2005 (19.04.05)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2004/019123
--

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2002/0154393 A1 (HAMAMOTO), 24 October, 2002 (24.10.02), Par. Nos. [0038] to [0047]; Figs. 1 to 4 & JP 2002-319741 A	1-8, 15-22
Y	US 5347526 A (SUZUKI et al.), 13 September, 1994 (13.09.94), Column 13, lines 9 to 15 & JP 05-283818 A & DE 4310578 A	3
Y	US 5781222 A (YAMAWAKI et al.), 14 June, 1998 (14.06.98), Abstract & JP 08-007316 A & EP 689201 A	4-6, 20-21
Y	US 2002/0141467 A1 (IWAI et al.), 03 October, 2002 (03.10.02), Figs. 9 to 12 & JP 2002-299759 A & CA 2355429 A	11-12
Y	US 5561682 A (AOKI et al.), 01 October, 1996 (01.10.96), Figs. 2A to 2C & JP 07-226563 A & US 5784183 A1	15-18
Y	JP 2000-049417 A (Hitachi, Ltd.), 18 February, 2000 (18.02.00), Abstract (Family: none)	15-18
Y	US 6175440 B1 (CONEMAC), 16 January, 2001 (16.01.01), Abstract & JP 2003-510624 A & JP 07-501420 A & JP 003437182 B & US 6008925 A & US 5646766 A & US 5166944 A & US 6621609 B1 & US 5166944 A & EP 1119793 A & EP 593538 A & WO 00/020912 A1 & WO 92/022109 A1 & DE 69228244 C & AU 6295199 A & NO 20011741 A & BR 9914388 A & CN 1322307 T & TW 442667 B & PL 347162 A & CA 2346531 A & HU 103978 A & IL 142016 D & ID 29356 A & AU 773752 B & AU 655658 B & ES 2131071 T & GR 3030001 T & AT 176097 T & AU 2190492 A & CA 2110816 A & DK 593538 T	22
A	LAU, K.Y., "Broad wavelength tunability in gain-levered quantum well semiconductor lasers" In: Appl.Phys.Lett. 57(25), 17 December, 1990 (17.12.90), pages 2632 to 2634	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2004/019123
--

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2003/0007524 A1 (GOTODA), 09 January, 2003 (09.01.03), Abstract & JP 2003-017803 A	8-10
A	JP 10-173286 A (Canon Inc.), 26 June, 1998 (26.06.98), Abstract (Family: none)	15-18

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C17 H01S5/062

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C17 H01S5/00 - 5/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

Elsevier
IEEE/IEE Electronic Library

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 03-174791 A (富士通株式会社) 1991.07.29, 第5頁右下欄～第6頁右上欄及び第23図 & US 5358898 A Column 4 lines 12 - 5 8, Fig. 3 & JP 2966485 B & US 5170402 A & EP 409487 A3 & DE 6 9033405 D & DE 69033405 T & CA 2021140 A & CA 2131362 A & KR 9407603 B	1-2, 7, 19 3-6, 15-18, 20-21
X Y	WELCH D. F., et al, "1.1 W CW, Diffraction-limited operation of a monolithically integrated flared-amplifier master oscillator power amplifier" In: ELECTRONICS LETTERS 28(21), 1992.10.08, pp. 2011-2013	1-2, 7-8, 19 11-12, 15-18, 20-22

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29. 03. 2005

国際調査報告の発送日

19. 4. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

笛野 秀生

2K 9519

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	US 2002/0154393 A1 (HAMAMOTO) 2002.10.24, [0038]–[0047], FI G. 1–4 & JP 2002-319741 A	1–8, 15–22
Y	US 5347526 A (SUZUKI et al.) 1994.09.13, Column 13 LINES 9 – 15 & JP 05-283818 A & DE 4310578 A	3
Y	US 5781222 A (YAMAWAKI et al) 1998.06.14, ABSTRACT & JP 08-007316 A & EP 689201 A1	4–6, 20–21
Y	US 2002/0141467 A1 (IWAI et al) 2002.10.03, FIG. 9–12 & JP 2002-299759 A & CA 2355429 A	11–12
Y	US 5561682 A (AOKI et al) 1996.10.01, FIG. 2A–2C & JP 07-226563 A & US 5784183 A1	15–18
Y	JP 2000-049417 A (株式会社日立製作所) 2000.02.18, 要約 (ファミリーなし)	15–18
Y	US 6175440 B1 (CONEMAC) 2001.01.16, ABSTRACT & JP 2003-510624 A & JP 07-501420 A & JP 003437182 B & US 60 08925 A & US 5646766 A & US 5166944 A & US 6621609 B1 & US 5 166944 A & EP 1119793 A & EP 593538 A & WO 00/020912 A1 & WO 92/022109 A1 & DE 69228244 C & AU 6295199 A & NO 20011741 A & BR 9914388 A & CN 1322307 T & TW 442667 B & PL 347162 A & CA 2346531 A & HU 103978 A & IL 142016 D & ID 29356 A & AU 773752 B & AU 655658 B & ES 2131071 T & GR 3030001 T & AT 1 76097 T & AU 2190492 A & CA 2110816 A & DK 593538 T	22
A	LAU, K. Y., "Broad wavelength tunability in gain-levered quantum well semiconductor lasers" In: Appl. Phys. Lett. 57(2 5), 17 Dec. 1990, pp. 2632 – 2634	1
A	US 2003/0007524 A1 (GOTODA) 2003.01.09, ABSTRACT & JP 2003-017803 A	8–10
A	JP 10-173286 A (キヤノン株式会社) 1998.06.26, 要約 (ファミリーなし)	15–18